


E.10. C. 21.

Johann Samuel Traugott Gehler's

Physikalisches Wörterbuch

neu bearbeitet

von

Brandes. Gmelin. Horner. Muncke. Pfaff.

Vierter Band.

Erste Abtheilung.

F.

Mit Kupfertafeln I bis IX.

Leipzig,
bei E. B. Schwickert.
1827.

Physikalisches Wörterbuch

IV. Band.

Erste Abtheilung.

F.

F.

Fäulnifs.

Putrefactio; putrefaction; *putrefaction.* Die meisten organischen Verbindungen des Pflanzen - und Thierreichs erleiden bei Gegenwart von Wasser und Luft eine Zersetzung, bei welcher sie, indem der Sauerstoff der Luft, des Wassers und der organischen Verbindung selbst, mit dem Kohlenstoff und zum Theil auch mit dem Wasserstoff und Stickstoff, desgleichen der Wasserstoff der organischen Verbindung mit dem Kohlenstoff und mit dem Stickstoff derselben, sich vereinigt, in unorganische Verbindungen, wie in Kohlensäure, Kohlenoxyd, Wasser, Salpetersäure, Kohlenwasserstoffgas, Ammoniak, desgleichen in einfache Stoffe, wie in Wasserstoffgas und Stickgas zerfallen. Geht eine solche Selbstentmischung organischer Körper rasch, unter Entwicklung übelriechender Dämpfe und Gase, vor sich, so wird sie *Fäulnifs* genannt, *Verwesung* oder *Vermoderung*, wenn sie langsamer erfolgt, *Gährung*, wenn sich zu einer gewissen Zeit nützliche Zwischenproducte, wie Weingeist und Essigsäure, in gröfserer Menge erzeugen.

G.

Fall der Körper.

Descensus s. lapsus corporum gravium; Chûte des corps graves; *Fall of gravitating bodies.*

Da die anziehende Kraft der Erde oder die Kraft der Schwere alle Körper gegen die Erde zu treibt, so üben sie, so lange sie unterstützt werden, einen Druck auf die Unterlage aus, und wenn sie nicht unterstützt werden, bewegen sie sich, jener Einwirkung gemäfs, gegen die Erde, sie *fallen.* Dieses Herabsinken der Körper gegen den Mittelpunct der Erde ist entweder ein *freies Fallen*, wenn der Körper der Einwirkung der Schwere ganz ungehindert folgen kann, oder ein *Fallen*

auf vorgeschriebenem Wege, wenn ein fester Widerstand ihn nöthigt, seine Annäherung zur Erde in einer andern, von der Richtung der Schwere abweichenden, Richtung zu vollenden.

Freier Fall der Körper.
(*descensus liber*, la chûte libre.)

1. Schon eine oberflächliche Erfahrung zeigt, daſs die Körper, wenn sie durch den Widerstand der Luft nicht zu sehr aufgehalten werden, mit immer gröſserer Geschwindigkeit fallen, je tiefer sie schon gefallen sind, daſs die Schwere also immer fort beschleunigend auf ihre Bewegung wirkt. Wiefern diese Einwirkung der Schwere auf alle Körper gleich oder verschieden sey, darüber geben die gewöhnlichen Erfahrungen nicht so unmittelbar Aufschluſs, indeſs läſst sich doch durch Schlüsse wohl zu der Ueberzeugung gelangen, daſs die durch die Schwere ertheilte Geschwindigkeit bei ungleichen Massen gleich seyn muſs, wenn die Zeit der Einwirkung gleich ist. Denn wenn gleich die gröſsere Masse einen gröſsern Druck ausübt, und folglich durch die Schwere zum Falle angetrieben eine gröſsere *bewegende* Kraft zeigt, so ist dagegen auch die in Bewegung gesetzte Masse in eben dem Verhältniſs gröſser; oder mit andern Worten, niemand wird zweifeln, daſs zehn einzelne Pfunde gleich schnell fallen, und also auch nicht, daſs sie in eine Masse vereinigt noch eben so schnell fallen werden. Ob die verschiedenartigen Materien von der Erde mit ungleicher Gewalt angetrieben werden, sich herab zu bewegen, bliebe dabei freilich unentschieden; aber die Erfahrung spricht auch dagegen, indem theils der Versuch im luftleeren Raume ein gleiches Fallen der Feder und der Bleikugel zeigt, theils die Berechnung des Widerstandes der Luft über den langsamen Fall specifisch leichter Körper in der Luft vollkommen hinreichenden Aufschluſs giebt.

2. Ob die Schwere eine vollkommen *gleichförmig* beschleunigende Kraft ist, das heiſst, ob sie dem Körper, er mag schon eine groſse Geschwindigkeit erlangt haben oder nicht, immer noch gleiche Vergröſserung der Geschwindigkeit ertheilt, läſst sich zwar aus theoretischen Gründen nicht voraussehen; aber da diese Hypothese die einfachste ist, und sich leicht übersehen läſst, daſs sie zu Gesetzen des Falles, die sich durch Erfahrung

prüfen lassen, hinführen wird, so ist es am natürlichsten, sie zum Grunde der Rechnung zu legen. Dieser Hypothese gemäfs nimmt die Geschwindigkeit in gleichen Zeiten um gleich viel zu, und ist also, wenn im Anfange die Geschwindigkeit $= 0$ war, der Zeit $= t$ proportional, also $= kt$, wo k offenbar die Geschwindigkeit bedeutet, welche der Körper am Ende des ersten, als Einheit angenommenen Zeittheils z. B. der Secunde erlangt. Aus diesem Gesetze, dafs die Geschwindigkeit am Ende der zweiten Secunde doppelt so grofs, am Ende der dritten Secunde dreimal so grofs, als am Ende der ersten Secunde ist, läfst sich leicht der in irgend einer Zeit durchgelaufene Raum bestimmen. Denn gesetzt, die Geschwindigkeit, die am Anfang der ersten Secunde $= 0$ war, sey am Ende der ersten Secunde $= 30$ Fufs, so ist es so gut, als ob der Körper sich die ganze Secunde durch mit der mittlern Geschwindigkeit $= 15$ fortbewegt hätte. Ist die Geschwindigkeit am Anfange der zweiten Secunde $= 30$ Fufs, am Ende derselben $= 60$ Fufs, so ist 45 der Raum, durch welchen der Körper wirklich in dieser Secunde fällt. Eben so sind 60 und 90 die Geschwindigkeiten am Anfange und am Ende der dritten Secunde, und 75 Fufs der Fallraum in dieser Secunde. Diese Voraussetzung, dafs der gleichförmig beschleunigte Körper genau so weit fortgehe, als es dem arithmetischen Mittel zwischen der Anfangs- und Endgeschwindigkeit gemäfs ist, läfst sich leicht als strenge richtig nachweisen. Denn da, wenn man die Secunde in hundert Theile theilt, am Ende des funfzigsten Hunderttels die Geschwindigkeit $= \frac{1}{2}k$ ist, wenn sie am Ende der ganzen Secunde $= k$ wird, da sie am Ende des 49sten Hunderttels $= \frac{1}{2}k - \frac{1}{100}k$ und am Ende des 51sten Hunderttels $= \frac{1}{2}k + \frac{1}{100}k$ ist, so erhellet leicht, dafs $\frac{1}{2}k$ die richtige Geschwindigkeit für das 50ste und 51ste Hunderttel, aber eben so gut auch für das 49ste, 50ste, 51ste und 52ste Hunderttel ist, und so für die ganze Secunde als richtig nachgewiesen werden kann.

3. Diese einem jeden verständliche Erörterung läfst sich rechnend weit kürzer fassen. Ist die Zunahme der Geschwindigkeit $= dv$ während der Zeit $= dt$ dieser Zeit proportional, also $dv = k\,dt$, wo k einen beständigen Factor bedeutet, so ist $v = kt + c$, die am Ende der Zeit $= t$ erlangte Geschwindigkeit, und diese Gleichung ist nun auf alle Umstände passend, weil bei der Integration die unbestimmte beständige Gröfse c bei-

gefügt ist. Diese ist $= 0$, wenn der Körper ohne alle anfängliche Bewegung zu fallen anfing; sie ist positiv, wenn dem Körper schon im ersten Augenblicke eine Geschwindigkeit nach der Richtung, nach welcher die Schwere wirkt, ertheilt wurde; sie ist negativ, wenn im Anfange der Zeit t der Körper eine Geschwindigkeit, der Richtung der Schwere entgegengesetzt, hatte. Da nun die Zunahme $= ds$ des durchlaufenen Weges $= s$ der Geschwindigkeit v und den Zeittheilchen $= dt$, in welchen ds durchlaufen wird, proportional, d. h. $ds = v\,dt = kt\,dt + c\,dt$ ist, so wird $s = \frac{1}{2}kt^2 + ct + \text{Const.}$, wo aber die neue hinzukommende Constante $= 0$ gesetzt wird, wenn man den Weg des Körpers von da an rechnet, wo dieser sich befand, als $t = 0$ war.

4. Betrachten wir hier zuerst den Fall, da die anfängliche Geschwindigkeit $c = 0$ war, so ist $s = \frac{1}{2}kt^2$, oder wenn $\frac{1}{2}k = g$, $s = gt^2$ und g bedeutet den durchlaufenen Fallraum in der ersten Zeiteinheit, weil für $t = 1$, $s = g$ aus der Formel folgt. *Der Fallraum ist also dem Quadrate der Zeit proportional.* Eine Folgerung, die sich schon aus der einfachen Betrachtung in No. 2 ergiebt; denn da dort der Fallraum in der ersten Secunde oder im Allgemeinen in der ersten Zeiteinheit $= \frac{1}{2}k$; in der zweiten $= \frac{3}{2}k$, in der dritten $= \frac{5}{2}k$, in der vierten $= \frac{7}{2}k$, u. s. w. ist, so ist der Weg in 1 Secunde, die wir als Zeiteinheit beibehalten wollen, $= \frac{1}{2}k$; in den 2 ersten Secunden $= \frac{4}{2}k$; in den 3 ersten Secunden $= \frac{9}{2}k$; in den 4 ersten Secunden $= \frac{16}{2}k$; u. s. w. welches offenbar Räume, den Quadraten der Zeiten proportional, sind, die nach eben dem Gesetze auch ferner fortschreitend gefunden werden könnten. Die beiden Formeln $s = gt^2$, $v = kt = 2gt$ enthalten die ganze Theorie der ohne Anfangsgeschwindigkeit gleichförmig beschleunigten Bewegung. Aus ihnen folgt, weil $t = \sqrt{\frac{s}{g}}$ ist,

$v^2 = 4gs$ oder $s = \frac{v^2}{4g}$. Die erlangte Geschwindigkeit ist also der Quadratwurzel aus dem durchlaufenen Wege proportional, so dafs sie, wenn der Körper im Falle die vierfache Tiefe erreicht hat, doppelt so grofs ist, als sie war, indem er die einfache Tiefe erreichte. Da die erlangte Geschwindigkeit $= v = 2\sqrt{gs}$ durch den Fallraum vollkommen bestimmt ist, so nennt man diesen Fallraum auch: *die der Geschwindigkeit* v

zugehörige Höhe. Tafeln dafür finden sich den meisten Logarithmentafeln beigefügt.

5. Die Gröfse g mufs durch Erfahrung bestimmt werden, und dazu könnten Versuche über den Fall bleierner Kugeln allenfalls dienen, indem ein genau abgemessener Fallraum und die mit Hülfe einer Tertienuhr bestimmte Fallzeit zusammengehörige Werthe von s und t angäben, mit deren Hülfe g bestimmt würde; Versuche über den Fall aus *ungleichen* Höhen würden zugleich entscheiden, ob das hypothetisch der Rechnung zum Grunde gelegte Gesetz das richtige sey[1]. Indefs bedürfen wir dieser Bestimmung für den Werth von g nicht, da Pendelversuche ihn viel genauer geben.

6. Wenn der vertical herabwärts bewegte Körper schon eine anfängliche Geschwindigkeit = c hatte, so ist nach Verlauf der Zeit = t die Geschwindigkeit um eben so viel gröfser geworden, als bei einem ohne Anfangsgeschwindigkeit begonnenen Falle, und der Fallraum ist so grofs, wie er seyn würde, wenn die beiden Wege, die der Anfangsgeschwindigkeit allein, und dem freien der Schwere gemäfsen Falle allein entsprächen, zusammen genommen würden. Jener ist $= ct$, dieser $= gt^2$.

Man könnte auch hier auf ganz populäre Weise die erlangte Geschwindigkeit und den durchlaufenen Raum bestimmen. Es sey z. B. die Anfangsgeschwindigkeit so grofs, dafs sie allein den Körper durch 100 Fufs in der Secunde treiben würde, und sie nehme, vermöge der Einwirkung der Schwere um 30 Fufs in der ersten Secunde zu, so ist

Anfangsgeschwindigkeit in dieser Secunde	= 100 Fufs,
Endgeschwindigkeit	= 130 —
mittlere Geschwindigkeit	= 115 —

und dieses ist zugleich der in der ersten Secunde durchlaufene Weg. Ferner in der zweiten Secunde nimmt abermals die Geschwindigkeit um 30 Fufs zu, also

Anfangsgeschwindigkeit in der 2ten Secunde	= 130 Fufs,
Endgeschwindigkeit	= 160 —
mittlere Geschwindigkeit	= 145 —

1. Benzenberg's Versuche (Versuche über das Gesetz des Falles, die Umdrehung der Erde u. s. w. S. 196.) könnten, selbst wenn man den Widerstand der Luft nicht beachtete, beides ziemlich nahe bestimmen.

und dieses ist der Weg in der zweiten Secunde, also in den 2 ersten Secunden zusammen $= 115 + 145 = 260$ Fuſs, welches die 200 Fuſs wegen der Anfangsgeschwindigkeit in 2 Secunden, und die 60 Fuſs wegen der Falltiefe in 2 Secunden sind, und so für jede folgende Secunde.

7. Wurde der Körper vertical aufwärts geworfen, so ist c negativ und sein herabwärts durchlaufener Weg vom Anfange der Zeit $= t$ an, ist

$s = gt^2 - ct$; seine Geschwindigkeit $v = 2gt - c$.

So lange hier t einen geringen Werth hat, ist der durchlaufene Weg negativ, also ein aufwärts durchlaufener, und auch die Geschwindigkeit negativ oder eine aufwärts gerichtete. Sobald die Zeit so groſs geworden ist, daſs $2gt = c$, oder $t = \frac{c}{2g}$, ist die Geschwindigkeit $= 0$, der Körper hört auf zu steigen, und hat dann den Weg $= g.\frac{c^2}{4g^2} - \frac{c^2}{2g} = -\frac{c^2}{4g}$, zurückgelegt. Er bedarf nun einer eben so langen Zeit, um herabzufallen, denn nach der doppelten Zeit ist sein durchlaufener Weg $= 0$, oder er ist zu dem Puncte, von dem er ausging, zurückgekehrt, nämlich wenn $t = \frac{c}{g}$ ist. Alsdann hat er die Geschwindigkeit $= 2g.\frac{c}{g} - c = + c$ erlangt, und erreicht also den Punct mit eben der herabwärts gehenden Geschwindigkeit, mit welcher er hinaufwärts geworfen worden war.

In jeden Punct seines Weges gelangt er auf gleiche Weise beim Herabfallen mit eben der Geschwindigkeit, die er im Aufsteigen eben dort hatte. Denn damit s einen bestimmten Werth hinaufwärts $= -s'$ erreiche, muſs $-s' = gt^2 - ct$, also

$$t = \frac{c}{2g} \pm \frac{\sqrt{(c^2 - 4gs')}}{2g}$$

seyn, und nach Verlauf dieser Zeit ist die Geschwindigkeit

$$v = 2gt - c = \pm \sqrt{(c^2 - 4gs')},$$

im Steigen eine eben so groſse negative, als sie im Fallen positiv ist.

Die Differentialgleichung ergiebt den gröſsten Werth, welchen s erlangen kann, indem man aus $s = gt^2 - ct$ erhält

$ds = (2gt - c)\,dt$, welches für $t = \frac{c}{2g}$ verschwindet, und dann $s = \frac{c^2}{4g} - \frac{c^2}{2g} = -\frac{c^2}{4g}$ giebt.

8. Die Erfahrung hat gezeigt, daſs die Körper nicht an allen Orten der Erde gleich schnell herabfallen, und die Theorie giebt den Grund an, warum die Rotation der Erde die Schwerkraft unter dem Aequator mehr, als in andern Puncten der Erdoberfläche schwächt; g hat also selbst nahe an der Oberfläche der Erde nicht einen völlig constanten Werth, sondern hängt von der geographischen Breite ab. Die genauere Untersuchung über die strenge Bestimmung dieses Werthes gehört in den Art. *Pendellänge;* ich bemerke daher nur, daſs nach einer sehr sorgfältigen Reihe von Beobachtungen von Biot, Kater, Hall und Sabine folgendes hervorgeht[1].

Die Länge des Secundenpendels ist unter dem Aequator an der Oberfläche des Meeres

= 39,01520 engl. Zolle[2]
= 0,990864 Meter
= 36,60385 Paris. Zolle.

In andern Breiten nimmt die Pendellänge so zu, daſs man, wenn jene Länge = l heiſst, an jedem Orte an der Meeresfläche die Pendellänge $= l.\,[1 + 0{,}00519.\,\mathrm{Sin.}^2\varphi]$ findet, wenn φ die geographische Breite ist.

Aus der Theorie des Pendels läſst sich beweisen[3], daſs die Fallhöhe = g, in der ersten Secunde $= \frac{1}{2} l.\,\pi^2 = \frac{1}{2} l.\,9{,}869605$ also am Aequator = 16,0443 engl. Fuſs,
= 15,0527 Par. —
in 45 Grad Breite
= 16,08596 engl. Fuſs
= 15,09176 Paris. — ist.

9. Die bisherigen Betrachtungen setzten voraus, daſs die Schwerkraft oder die Attraction der Erde unveränderlich sey,

---

1 Philos. Transact. for 1823. p. 211, 308. 1818. p. 33. 103. 1821. 163. Journal de Physique, 1820. Janvier. Vorzüglich aber An Account of Experim, to determine the figure of the Earth by means of the pendulum etc. by Sabine. London 1825.

2 Galbraith will dafür lieber 39,0126 setzen. Philos. Magazin. 67. p. 161.

3 Vergl. unten No. 13.

während der Körper sich der Erde nähert, und diese Voraussetzung ist ohne merkliche Fehler richtig, wenn der fallende Körper nur so grofse Räume durchläuft, wie es bei unsern Beobachtungen auf der Erde vorkommt. Wenn dagegen der Körper sich von sehr grofsen Höhen herab zur Erde bewegte, so müfste man Rücksicht darauf nehmen, dafs die Bewegung des Körpers, indem er dem anziehenden Körper näher kommt, stärker beschleunigt wird. Ich sehe hier die Erde als eine Kugel vom Halbmesser $= r$ an, und nehmen an, der Körper befinde sich in der Entfernung $= x$ vom Mittelpuncte der Erde; dann ist, nach den Gesetzen der anziehenden Kräfte, in dieser Entfernung die auf ihn wirkende beschleunigende Kraft $= \frac{r^2}{x^2}$, wenn sie $= 1$ ist an der Oberfläche der Erde; und wenn g der in einer Secunde an der Oberfläche der Erde durchlaufene Weg frei fallender Körper ist, so hat man

$$dv = + 2g. \frac{r^2}{x^2} dt$$

und $v dv = - 2g \frac{r^2 dx}{x^2}$, weil hier $v = - \frac{dx}{dt}$ positiv für abnehmende x ist.

Die Integration giebt

$$v^2 - c^2 = 4gr^2 \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{a}\right),$$

wenn die Bewegung in der Entfernung $x = a$ vom Mittelpuncte der Erde mit der Geschwindigkeit $= c$ anfing. Der Körper erreicht also die Oberfläche der Erde mit der Geschwindigkeit

$$v' - = \sqrt{\left\{c^2 + 4gr^2 \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{a}\right)\right\}}.$$

Da $v = \pm \sqrt{\left\{c^2 + \frac{4gr^2 (a-x)}{ax}\right\}}$, so erhellet, dafs in der Entfernung $= x$ die Geschwindigkeit einen eben so grofsen positiven Werth erhält, wenn der aufwärts steigende Körper in der Entfernung $= a$ die Geschwindigkeit $= c$ erlangen soll, als der negative Werth ist, wenn er in eben der Entfernung die Geschwindigkeit $= c$ hatte und von da seine Bewegung anfing. Wenn der Körper keine anfängliche Geschwindigkeit hatte, oder $c = 0$ war, ist allgemein

$$v = \pm \sqrt{\left\{4gr^2 \left(\frac{a-x}{ax}\right)\right\}}.$$

Um die Zeit des Falles zu bestimmen, mufs man die Gleichung

$$dt = \frac{-dx}{v} = \frac{-dx}{2r} \sqrt{\frac{a}{g}} \cdot \sqrt{\frac{x}{a-x}}$$

integriren. Man gelangt dazu am kürzesten, wenn man

$$\frac{-xdx}{\sqrt{(ax-x^2)}} = d.\sqrt{(ax-x^2)} - \frac{\frac{1}{2}adx}{\sqrt{(ax-x^2)}}$$

setzt, wo dann

$$t = C + \frac{1}{2r}\sqrt{\frac{a}{g}} \left\{ \sqrt{(ax-x^2)} - \tfrac{1}{2}a \int \frac{dx}{\sqrt{(ax-x^2)}} \right\}$$

oder $t = C + \frac{1}{2r}\sqrt{\frac{a}{g}} \left\{ \sqrt{(ax-x^2)} - \tfrac{1}{2}a \int \frac{dx}{\sqrt{(\frac{1}{4}a^2 - (\frac{1}{2}a-x)^2)}} \right\}$

$$t = C + \frac{1}{2r}\sqrt{\frac{a}{g}} \cdot \left\{ \sqrt{(ax-x^2)} - \tfrac{1}{2}a \,\text{Arc. Cos.} \frac{a-2x}{a} \right\},$$

welches, wenn $t = 0$ für $x = a$, war in

$$t = \frac{1}{2r}\sqrt{\frac{a}{g}} \left\{ \sqrt{(ax-x^2)} + \tfrac{1}{2}a \,\text{Arc. Cos.} \frac{2x-a}{a} \right\}$$

übergeht, weil $C = \frac{1}{2r}\sqrt{\frac{a}{g}} \cdot \frac{1}{2}a\pi$,

aber $\pi - \text{Arc. Cos.} \frac{a-2x}{a} = + \text{Arc. Cos.} \frac{2x-a}{a}$, ist.

Wenn der Körper auf der Oberfläche der Erde ankommt, ist

$$t = \frac{1}{2r}\sqrt{\frac{a}{g}} \left\{ \sqrt{(ar-r^2)} + \tfrac{1}{2}a \,\text{Arc. Cos.} \frac{2r-a}{a} \right\}.$$

Man hat gefragt, wann und mit welcher Geschwindigkeit der Körper im Mittelpuncte der anziehenden Kraft ankomme. In physikalischer Beziehung ist diese Frage eine ganz unnütze, da es keine Puncte sind, die eine endliche anziehende Kraft ausüben, und bei Körpern das Gesetz der Attraction im Innern des Körpers ein andres wird. Will man blofs zur Uebung in der Analysis die Frage beantworten, so wird erstlich für $x = 0$

$$t = \frac{a}{4r}\sqrt{\frac{a}{g}} \cdot \text{Arc. Cos.} -1 = \frac{\pi a \sqrt{a}}{4r\sqrt{g}};$$

v aber wird

$$= 2r\sqrt{\frac{g}{a}} \cdot \sqrt{\frac{a}{x}},$$ also unendlich, weil $x = 0$ ist.

Die Frage, wie der Körper seine Bewegung über den Mittelpunct hinaus fortsetze, läfst sich aus der Formel nicht beantworten, aber eine leichte Ueberlegung über die Natur der Sache beantwortet sie. Da nämlich, wie oben erwähnt ist, der

sich vom Mittelpuncte entfernende Körper genau eben so seine Geschwindigkeit verliert, wie der sich nähernde Körper an Geschwindigkeit gewinnt, so muſs auch der durch den Mittelpunct hindurch gehende Körper in irgend einer Entfernung $= x$ wieder eben die Geschwindigkeit haben, die er vorher in der Entfernung $= x$ hatte, die unendliche Kraft gab ihm die unendliche Geschwindigkeit und zerstört sie auch wieder. Die Frage, wie er seine Bewegung fortsetze, ist damit völlig beantwortet. Die Formel kann sie darum nicht auflösen, weil $\frac{r^2}{x^2}$ als eine beschleunigende Kraft erscheint sowohl für positive, als für negative x, und daher die Formel nicht mehr anwendbar bleibt über den anziehenden Punct hinaus. Wenn die beschleunigende Kraft auch jenseits des Mittelpunctes noch beschleunigend bliebe, nicht verzögernd würde, so müſste der schon im Mittelpuncte erlangte unendlichen Geschwindigkeit noch etwas hinzugefügt werden, und da so etwas durch keine Formel ausgedrückt werden kann, so weiset die Formel durch ihr Unmöglichwerden die weitere Betrachtung der Bewegung zurück. Busse's Bemühung, die Analysis hier so zu behandeln, daſs sie ihre Anwendbarkeit auch jenseits des Mittelpuncts zeige, verdient zwar recht viel Lob als achtungswerthe *Bemühung;* aber der Zweck scheint damit doch nicht erreicht zu seyn. Denn wenn man sogleich mit der Formel

$$\frac{dv}{2g\,dt} = \mp \left(\frac{r}{x}\right)^2 \begin{matrix}\text{diesseits}\\ \text{jenseits}\end{matrix}$$

anfängt, so thut man doch in der That nichts anders, als daſs man die Betrachtung sogleich mit derjenigen Rücksicht doppelt führt, die Busse als eine petitio principii[1] den übrigen Mathematikern vorwirft. Mir scheint das, was Mollweide hierüber sagt[2], ganz richtig.

10. Die Frage kommt in der Wirklichkeit gar nicht vor, sondern sobald der fallende Körper in das Innere des anziehenden Körpers (auch ohne Widerstand) eindringt, ist die anziehende Kraft vermindert und bei Kugeln dem Abstande vom Mittelpuncte direct proportional, also im Mittelpuncte selbst $= 0$.

Es sey die beschleunigende Kraft an der Oberfläche der

1 Gilb. Ann. LXX, 413.

2 Gilb. Ann. LXX, 425.

Erde = 1, der Fallraum in der ersten Secunde = g, der Halbmesser der Erde = r, der veränderliche Abstand des fallenden Körpers vom Mittelpuncte = x, so ist im Innern der Erde

$$dv = 2g\,dt.\frac{x}{r},$$

$$v\,dv = -\frac{2g\,x\,dx}{r},$$

$$v^2 = c^2 - \frac{2gx^2}{r} + 2gr,$$

wenn die Geschwindigkeit = c war für x = r, und demgemäfs die Constante bei der Integration schon bestimmt ist. Ich will c = 0 setzen und also

$$v = \sqrt{\frac{2g}{r}}.\sqrt{(r^2 - x^2)},$$

$$dt = \frac{-dx}{\sqrt{(r^2 - x^2)}}\sqrt{\frac{r}{2g}}.$$

$$t = \sqrt{\frac{r}{2g}}\left\{C + \text{Arc. Cos.}\frac{x}{r}\right\}$$

wo die Const. = 0 ist, wenn im Anfange der Zeit t, der Werth von x = r war.

Die Geschwindigkeit im Centro der Erde ist also $= \sqrt{2gr}$, und die Zeit des Falles von der Oberfläche bis zum Mittelpuncte $= \frac{1}{2}\pi\sqrt{\frac{r}{2g}}$. Hier ist also alles leicht verständlich und der Natur der Sache gemäfs.

11. Ich habe bisher immer die Richtung des Falles als gegen den Mittelpunct der Erde gerichtet angesehen; aber dieses ist sie jedoch nur auf der Kugel, nicht auf der sphäroidischen Erde. Es sey der Halbmesser des Aequators = a, die halbe Erdaxe = b, die geographische Breite des Ortes = φ, der Halbmesser der Erde an dieser Stelle = r, so trifft die Richtungslinie des freien Falles, (welche nämlich mit der Normallinie des Sphäroids zusammenfällt,) die Ebene des Aequators in einer Entfernung $= r\,\text{Cos.}\,\varphi. - \frac{b^2 r\,\text{Cos.}\,\varphi}{a^2}$, vom Centro der Erde. Der Winkel = ω, den die Normallinie mit dem Radius einschliefst, ist durch $\text{Sin.}\,\omega = \frac{r.\,\text{Cos.}\,\varphi.\,(a^2 - b^2)}{a^2.\,r}\,\text{Sin.}\,(\varphi + \omega)$

gegeben, also hier, wo höhere Potenzen von Sin. ω ganz unbedeutend sind,

$$\text{Sin.}\,\omega = \frac{(a^2 - b^2)}{a^2}(\text{Sin.}\,\varphi.\,\text{Cos.}\,\varphi + \text{Cos.}^2\,\varphi.\,\text{Sin.}\,\omega)$$

$$\text{Sin.}\,\omega = \frac{(a^2 - b^2)\,\text{Sin.}\,\varphi.\,\text{Cos.}\,\varphi}{a^2\,\text{Sin.}^2\varphi + b^2\,\text{Cos.}^2\varphi},$$

ein Ausdruck, der unter 45 Gr. Breite Sin. $\omega = \frac{a^2 - b^2}{a^2 + b^2}$, also für $b = \frac{288}{289}$, Sin. $\omega = 0{,}00347 = 0^0.\ 12'$. giebt. Am Pole und auf dem Aequator fällt die Normallinie mit der nach dem Mittelpuncte gehenden genau zusammen. Wollte man im Innern der Erde der Richtung der Schwere immer folgen, so müfste man eine krumme Linie, nämlich die rechtwinkliche Trajectorie der elliptischen Gleichgewichtsschichten, verfolgen [1].

Geschichte der Bestimmung dieser Gesetze.

12. Aristoteles und seine Nachfolger glaubten, die schweren Körper fielen im Verhältnifs ihres Gewichtes schneller, also ein Körper von 10 ℔ zehnmal so schnell als ein Körper von 1 ℔ Gewicht. Dieser leicht zu widerlegende Irrthum erhielt sich dennoch, weil man keine Versuche anstellte, im Ansehen, bis Galilei theils durch eigene Versuche, theils durch Schlüsse, die Unrichtigkeit jener Behauptung zeigte. Er liefs nämlich Körper von ungleichen Gewichten aus sehr beträchtlicher Höhe herabfallen, und fand, dafs sie fast gleichzeitig den Boden erreichten.

Ueber das Gesetz der Beschleunigung war man vor Galilei eben so wenig unterrichtet. Die Meinung, dafs die Geschwindigkeit dem schon durchlaufenen Wege proportional sey, hatte selbst Galilei lange Zeit als wahrscheinlich angesehen, obgleich eine gar nicht schwierige Ueberlegung zeigt, dafs dieses Gesetz eine Unmöglichkeit in sich schliefst, indem danach der Körper, wenn er noch gar keinen Raum durchlaufen hat, weder Geschwindigkeit haben, noch Geschwindigkeit erlangen kann, und folglich unverrückt an demselben Orte bliebe. Galilei

---

1 Eulers Gesetze des Gleichgew. flüss. Körper, übersetzt von Brandes. S. 111.

m zuerst auf den Gedanken, daſs die Geschwindigkeit viel- icht der Zeit des Falles proportional seyn könne; aus diesem auptgesetze bestimmte er die übrigen Gesetze des Falles, die : dann mit der Erfahrung verglich und dieser entsprechend nd. Er trug diese schon im J. 1602 entdeckten Gesetze in inen Gesprächen über die Bewegung[1] vor und legte so den rund zu unserer ganzen neueren Mechanik. Seine Theorie nd viele Gegner, obgleich auch Torricelli sie mit vorzüg- :her Eleganz entwickelte[2], und selbst Baliani, obgleich er s Galilei Theorie als die richtige vorträgt, äuſserte dennoch, sey doch auch möglich, daſs sich die Geschwindigkeiten, wie e durchlaufenen Räume verhielten[3]. Diese Aeuſseruug faſsten e Gegner auf und gaben dem eben angeführten Satze den Namen x *Hypothese* des Baliani. Der Streit über diese Hypothese d ihre Widerlegung durch Gassendi und Fermat hat für ısere Zeiten keine Wichtigkeit mehr, da die Richtigkeit der heorie längst anerkannt ist.

Galilei selbst stellte Versuche an, um die Richtigkeit der fundenen Gesetze des Falles zu beweisen. Er lieſs in einem 2 Ellen langen, ½ Elle hohen, 3 Zoll breiten Balken einen anal aushöhlen, den er mit Pergament belegte, um ihn desto atter zu machen. Diesen Balken konnte er am einen Ende ehr oder minder heben und indem er nun die Zeit beobachtete, elche eine glatte messingene Kugel gebrauchte, um gewisse äume zu durchlaufen, fand er, daſs diese Räume den Quadra- n der Zeiten proportional waren. Riccioli und Grimaldi ıchten ebenfalls die Theorie durch Versuche zu bestätigen. Ihre ichtigsten Versuche stellten sie auf dem Thurme degli Asinelli ı Bologna an[4], wo sie eine Fallhöhe von 280 Fuſs hatten; ser auch von andern Thürmen lieſsen sie Kugeln fallen, und obachteten die Zeit mit einem Pendel, welches Sechstel-Se- mden schlug. Die beobachteten Zeiten stimmten völlig mit

1 Discorsi e dimostraz. matematiche intorno a due nuove scienze ttenenti alla mecanica ed i movimenti locali. Leid. 1638. und in den pere di Galileo Galilei, Firenze. 1718. Tomo 2. p. 479. 585.

2 De motu gravium naturaliter descendentium et projectorum. lor. 1641.

3 De motu gravium solidorum et fluidorum. Genuae. 1646.

4 Vergl. Benzenberg. S. 82. Riccioli Almag. Nov. Lib. II., ap. 21.

dem *Galilei'schen Gesetze* überein, und sie sahen dieses dadurch als völlig bestätigt an, obgleich allerdings ihre Versuche nicht so genau angestellt wurden, daſs kleine Unterschiede ihnen merklich werden konnten.

Aehnliche Versuche stellte Dechales an[1], theils indem er die Fallzeit für Steine, die er in einen Brunnen fallen lieſs, beobachtete, theils indem er den genauen Fallraum der Körper während eines halben Pendelschlages verschiedener Pendel beobachtete. Er machte z. B. die Einrichtung, daſs ein Pendel von 3 Fuſs Länge in seinem tiefsten Puncte an ein aufrecht stehendes Brett traf, und lieſs nun in demselben Augenblick eine Kugel frei fallen, da er das Pendel loslieſs; er fand, daſs die Kugel $4\frac{1}{4}$ Fuſs tief fallen muſste, um mit dem Anschlagen des Pendels gleichzeitig den Boden zu erreichen. Die in unsern Zeiten von Benzenberg angestellten Versuche hatten zwar nicht mehr den Zweck, das Gesetz des Falles zu bestimmen oder die Gröſse des Fallraums in der ersten Secunde zu entdecken; aber sie verdienen wegen ihrer Genauigkeit und der groſsen Sorgfalt, mit welcher alle Umstände berücksichtigt sind, hier erwähnt zu werden. Sie sind die vollkommensten, die man je über diesen Gegenstand angestellt hat.

Uebrigens hat man schon seit langer Zeit andere Mittel kennen gelernt, um sich von der Richtigkeit der Theorie zu überzeugen. Es wird nachher gezeigt werden, daſs die Zeit der Pendelschwingungen bei gegebener Länge des Pendels ein Mittel abgiebt, um den Werth der Gröſse g, oder um den Fallraum in der ersten Secunde zu bestimmen, und daſs das Verhältniſs der Zeiten für Schwingungen ungleich langer Pendel, welches in der Erfahrung so gefunden wird, wie es die Theorie fordert, eine vollkommene Bestätigung der Hauptgesetze der Bewegung fallender Körper darbietet. Will man sich durch unmittelbare Versuche von der Richtigkeit der Gesetze des Falles überzeugen, so kann man sich der Versuche auf der schiefen Ebene (No. 14) oder der Versuche mit der Fallmaschine bedienen[2].

Eine sinnreiche Art, das Gesetz, daſs die Fallräume den Quadraten der Zeiten proportional sind, zu beweisen, hat Se-

1 Cursus mathematicus. Tom. II. Stat. Lib. II. propos. I. II.

2 S. diesen Artikel.

BASTIEN schon 1699 angegeben[1]. Auf der Fläche des parabolischen Konoids ABD, welches durch die Umdrehung der Parabel ADC um die Axe AC entstanden ist, werde ein schraubenartig fortlaufender Gang AEFGHI ausgehöhlt, der in jedem Puncte unter gleichem Winkel gegen den Horizont geneigt ist: so läſst sich aus der Theorie erweisen (vergl. No. 13), daſs der in diesem Gange hinablaufende Körper immer die Geschwindigkeit hat, die seinem freien Falle bei gleicher verticaler Tiefe angemessen wäre, daraus aber folgt, wie ich sogleich zeigen will, daſs jeder Umlauf um das Paraboloid in gleicher Zeit durchlaufen wird, und die Erfahrung ergiebt, daſs dies auch wirklich so erfolgt. Wenn man nämlich, indem eine vom Puncte A ausgehende Kugel in G ankömmt, eine zweite Kugel bei E fortrollen läſst, und wenn diese G erreicht, eine dritte in E nachsendet, so bleiben diese Kugeln immer gerade über einander. Daſs es so seyn muſs, läſst sich so beweisen. Es sey der Punct A, wo die Bewegung anfängt, im Scheitel selbst, eines andern unbestimmten Punctes X Abscisse $= x$: so ist da, wo der letztere liegt, des Paraboloides Halbmesser $y = \sqrt{px}$, wenn p den Parameter bedeutet. Der ausgehöhlte Gang sey unter dem Winkel $= \alpha$ gegen den Horizont geneigt, so ist ein mit dem horizontalen Winkel $= d\varphi$ zusammen gehöriges Stück dieses Ganges $= ds = \frac{y \cdot d\varphi}{\text{Cos. } \alpha}$, wenn der Halbmesser des durch X gezogenen Kreises $= y$ ist, oder $ds = \frac{d\varphi}{\text{Cos. } \alpha} \sqrt{px}$. Nun aber wird nachher gezeigt, daſs die Geschwindigkeit eben diejenige ist, die ein von der Höhe $= x$, (dem verticalen Höhenunterschiede der Puncte A und X) frei herabfallender Körper erreichen würde, also $v = \sqrt{4gx}$, und folglich wird der Weg ds in der Zeit $dt = \frac{ds}{v} = \frac{ds}{\sqrt{4gx}} = \frac{d\varphi . \sqrt{px}}{\text{Cos. } \alpha . \sqrt{4gx}}$, $dt = \frac{d\varphi}{\text{Cos. } \alpha} \sqrt{\frac{p}{4g}}$ durchlaufen, und die Zeit t ist also $= \frac{\varphi}{\text{Cos. } \alpha} \sqrt{\frac{p}{4g}}$ dem horizontalen Winkel φ proportional so

Fig. 1.

1 Mém. de l'acad. des sciences pour 1699.

daſs die ganzen Umläufe, ihr Halbmesser sey groſs oder klein, in gleichen Zeiten vollendet werden.

Fall der Körper auf vorgeschriebenen Wegen.

Fig. 2. 13. Wenn der der Wirkung der Schwere ausgesetzte Körper A sich auf einer gegen den Horizont geneigten Unterlage befindet, so wirkt nicht die volle Kraft der Schwere auf seine Fortbewegung und er fällt daher, selbst wenn alle andere Widerstände unbeachtet bleiben, minder schnell, als im ganz freien Falle. Es sey DE, die Tangente der krummen Linie, auf welcher A sich fortbewegen soll, an dem Puncte B, wo er sich gerade befindet, unter dem Winkel φ gegen den Horizont geneigt, so muſs man die Schwerkraft, die durch BF dargestellt werde, in zwei Seitenkräfte BG, BH zerlegen, von denen nur die erste $=$ BF. Sin. φ die Bewegung des Körpers A beschleuniget, die zweite BH aber durch den unüberwindlichen Widerstand der Curve verschwindet. Da nun die Schwere den Körper in der ersten Secunde durch den Raum $= g$ treibt, wenn der Körper ihr frei folgen kann, und die nach BG wirkende Kraft sich zur frei wirkenden Schwere verhält, wie Sin. $\varphi : 1$, so wird die nach BG wirkende Kraft ihn nur durch den Raum $= g.\,\text{Sin.}\,\varphi$ in der ersten Secunde treiben, oder die Hauptgleichungen für die Bewegung werden hier

$$dv = 2g\,dt.\,\text{Sin.}\,\varphi;\; ds = v\,dt$$

seyn, wie sich aus No. 3 leicht übersehen läſst, wenn dv die Zunahme der Geschwindigkeit in der Zeit $= dt$, und ds den in der Zeit $= dt$ durchlaufenen Raum bezeichnet. Nennt man x die verticale Tiefe des Punctes B unter demjenigen Anfangspuncte, von welchem an die Bogen s gerechnet werden, so ist

$$\text{Sin.}\,\varphi = \frac{dx}{ds}, \text{ und folglich, da } dt = \frac{ds}{v} \text{ ist,}$$

$$dv = 2g.\frac{ds}{v}.\frac{dx}{ds},$$

$$v\,dv = 2g\,dx,$$

und durch Integration $v^2 = 4gx$. Es ergiebt sich also der wichtige Satz: *daſs die Geschwindigkeit beim Falle auf irgend einem vorgeschriebenen Wege in* jedem Puncte eben so groſs ist,

als sie seyn würde, wenn der Körper im freien Falle von dem Puncte, wo seine Bewegung mit der Geschwindigkeit $= 0$ anfing, eben so tief herab gefallen wäre; oder, wenn der Körper A in K ohne Anfangsgeschwindigkeit zu fallen anfing, so ist in B seine Geschwindigkeit gleich der der verticalen Tiefe des Punctes B unter K entsprechenden Geschwindigkeit.

Die Formel $v\,dv = 2g\,dx$ ist noch allgemeiner, da sie $v^2 = 4gx + Const.$ giebt. War also da, wo $x = 0$ ist, $v = c$, so hat man $v^2 = c^2 + 4gx$, das ist: auch, wenn der Körper in K eine Anfangsgeschwindigkeit hatte, so hat doch in B das Quadrat seiner Geschwindigkeit um soviel zugenommen, als der verticalen Tiefe gemäfs ist. Körper also, die auf verschiedenen Wegen herabfallen, und in einer gewissen Horizontallinie KL gleiche Geschwindigkeit hatten, kommen in jeder andern Horizontallinie MN mit gleichen Geschwindigkeiten an, obgleich der eine L diese Horizontallinie später, der andere K sie früher erreicht, wegen der ungleichen Wege LM, KN. Fig. 3.

14. Die geneigte Ebene giebt das einfachste Beispiel. Hier ist $\text{Sin.}\,\varphi$ unveränderlich, also $v = 2gt.\,\text{Sin.}\,\varphi + c$, wenn die Anfangsgeschwindigkeit $= c$ war, und

$$s = gt^2\,\text{Sin.}\,\varphi + ct.$$

Für $c = 0$ ist $s = g.t^2.\,\text{Sin.}\,\varphi$, also der in bestimmter Zeit durchlaufene Weg desto kleiner, je kleiner die Neigung gegen die horizontale Ebene ist. Hierdurch hat man es daher in seiner Gewalt, die durch die Schwerkraft hervorgebrachte Bewegung so langsam zu erhalten, dafs sich die in bestimmten Zeiten durchlaufenen Wege bequem beobachten lassen, und deshalb bediente Galilei sich dieses Mittels, um seine Theorie zu prüfen.

15. Schon Galilei fand den merkwürdigen Satz[1], dafs die Fallzeit durch verschiedene, vom tiefsten Puncte eines Kreises ausgehende Sehnen, gleich ist. Es sey nämlich $AD = 2r$ der verticale Durchmesser eines Kreises, DM eine unter dem Winkel $MDE = \varphi$ gegen den Horizont geneigte, vom tiefsten Puncte ausgehende Sehne, so ist $DCM = 2\varphi$ und $DM = 2r.\,\text{Sin.}\,\varphi$. Da nun allemal (No. 13) der durchlaufene Fig. 4.

1 Opere di Galilei Tom. 2. p. 594.

Weg $= s = g t^2$ Sin. φ ist, so findet man die auf dem Wege $= 2r$ Sin. φ verwandte Zeit $= \sqrt{\frac{s}{g \text{ Sin. } \varphi}} = \sqrt{\frac{2r}{g}}$.

Diese Zeit ist folglich von der Länge und Neigung der Sehne unabhängig, und Körper, die auf AD, BD, MD herablaufend ihre Bewegung gleichzeitig in A, B, M anfangen, erreichen den Punct D in demselben Augenblicke. Selbst eine sehr kleine vom tiefsten Puncte D aus gezogene Sehne des Kreises wird in eben so langer Zeit durchlaufen, weil die beschleunigende Kraft, bei der geringen Neigung der Sehne, in eben dem Maſse geringer wird, in welchem die Sehne kürzer ist.

16. Wenn der Weg, den der Körper durchlaufen kann, eine krumme Linie ist, so lassen die Gleichungen

$$dv = 2g\,dt.\ \text{Sin.}\ \varphi = 2g.dt.\ \frac{dx}{ds}$$

$$\text{und}\ \ ds = v\,dt,$$

in No. 13 sich nicht anders integriren, als wenn die Natur der Curve bekannt ist, oder x und s durch einander gegeben sind.

Fig. 5. Die krumme Linie sey ein Kreis, in welchem der Bogen s vom tiefsten Puncte an gerechnet wird: C sey der Mittelpunct, r der Halbmesser, und der Bogen AX $= s = r\varphi$, wenn ACX $= \varphi$ ist. Die Neigung der an X gezogenen Tangente ZX gegen die Horizontallinie AB ist $= \varphi =$ ACX, also

$$dv = 2g\,dt.\ \text{Sin.}\ \varphi,$$

und weil hier, wenn der Körper sich gegen A zu bewegt, $v\,dt = -ds = -r\,d\varphi$ ist,

$$2v\,dv = 4g\,v\,dt.\ \text{Sin.}\ \varphi = -4g\,r\,d\varphi\ \text{Sin.}\ \varphi,$$

$$\text{oder}\ v^2 = \text{Const.} + 4gr\ \text{Cos.}\ \varphi.$$

War also $v = 0$, als der Körper sich in D befand und war dort ACD $= \gamma$, so ist $v^2 = 4gr\,(\text{Cos.}\ \varphi - \text{Cos.}\ \gamma.)$,

$$= 4g.\ EF,\ \text{wenn DE, XF,}$$

Horizontallinien durch die beiden Puncte D, X sind.

Hieraus sollte nun $t = \int \frac{ds}{v} = \int \frac{-d\varphi.\sqrt{r}}{\sqrt{[4g\,(\text{Cos.}\ \varphi - \text{Cos.}\ \gamma)]}}$ als Zeit des Falles durch DX gefunden werden, was aber allgemein nur durch Entwickelung einer Reihe möglich ist.

Wenn φ und γ beide so klein sind, daſs man

$$\text{Cos.}\ \varphi = 1 - \tfrac{1}{2}\varphi^2$$

$$\text{Cos.}\ \gamma = 1 - \tfrac{1}{2}\gamma^2.$$

setzen darf, so wäre $dt = -d\varphi . \sqrt{\frac{r}{2g(\gamma^2 - \varphi^2)}}$

oder $dt = \frac{-d\varphi}{\gamma \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{\varphi^2}{\gamma^2}\right)}} . \sqrt{\frac{r}{2g}}$,

und $t = \frac{-\sqrt{r}}{\sqrt{2g}} . \text{Arc. Sin.} \frac{\varphi}{\gamma} + \text{Const.}$

Hier bedeuten φ, γ zwar selbst zwei Bogen, aber die Zahl $\frac{\varphi}{\gamma}$ giebt eine Zahl an, die in den Sinustafeln aufgesucht einen zugehörigen Bogen, der hier in seinem Verhältnifs gegen den Halbmesser angegeben werden mufs, ergiebt. Da t verschwinden soll, wenn $\varphi = \gamma$ ist, weil in D die Bewegung anfing, so ist $t = \frac{\sqrt{r}}{\sqrt{2g}} \left\{ -\text{Arc. Sin.} \frac{\varphi}{\gamma} + \frac{1}{2}\pi \right\}$ indem Arc. Sin. $1 = \frac{1}{2}\pi$ ist; und die Zeit, bis der bewegte Punct in A ankommt, wo $\varphi = 0$ ist, wird $= \frac{1}{2}\pi \sqrt{\frac{r}{2g}}$, oder wenn $2r = l$ ist, eben die Zeit $= \frac{1}{2}\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$.

Hieraus folgt also für sehr kleine Bewegungen auf dem Kreisbogen, dafs die Zeiten nicht von der Gröfse des Bogens abhängen, dafs sie aber den Quadratwurzeln aus den Durchmessern direct, und dem Werthe von $\sqrt{g}$ umgekehrt proportional sind. Für gröfsere Bogen ist das Integral nicht anders als durch Reihen zu bestimmen, und es wird da die Zeit des ganzen Falles durch den Bogen D A

$$= \frac{1}{2}\pi \sqrt{\frac{l}{g}} . \left\{ 1 + \frac{1}{4} \frac{AE}{\alpha} + \frac{9}{64} \frac{AE^2}{\alpha^2} + \text{etc.} \right\}$$

Der fallende Körper durchläuft jeden Bogen, der kleiner als der Quadrant, und selbst diesem gleich ist, in kürzerer Zeit, als er die Sehne desselben durchlaufen würde.

Wenn bei unsern Pendeln die Masse des ganzen Körpers als in einem Puncte vereinigt angesehen werden dürfte, so würde die Bewegung des Pendels durch diese Formeln ausgedrückt, und es wäre, da hier die Länge des Pendels = dem Halbmesser des Kreises = r ist, die Zeit einer halben Pendelschwingung $= \frac{1}{2}\pi \sqrt{\frac{r}{2g}}$; einer ganzen Pendelschwingung =

Sin. $ANQ = \frac{2\varrho}{AN}$ und $AN = \varrho \sqrt{(4 + \pi^2)}$ ist,

$t' = \frac{\sqrt{(4\varrho + \pi^2\varrho)}}{\sqrt{2g}}$, also viel größer seyn, und selbst auf dem Kreisbogen wäre sie größer[1].

Die Linie des schnellsten Falles, oder die Brachystochrone muſs so beschaffen seyn, daſs $t = \int \frac{ds}{v}$ ein Kleinstes ist. Aber die Geschwindigkeit v ist durch die verticale Höhe des Falles völlig bestimmt; ist diese nämlich $= z$, so ist $v = 2\sqrt{gz}$, die Curve sey welche man will, und es muſs also

$\int \frac{ds}{2\sqrt{gz}} =$ *minimum* seyn, wenn dieses Integral zwischen den Grenzen genommen wird, welche die beiden gegebenen Puncte, von welchem aus und zu welchem hin die Bewegung gehen soll, bestimmen. Da aber ds nicht als ein unabhängiges Differential der Rechnung zum Grunde gelegt werden kann, weil es, nach Verschiedenheit der Richtung jedes einzelnen Theils der Curve ein anderes Verhältniſs gegen dz hat, so müssen wir dafür $ds = \sqrt{(dx^2 + dz^2)}$ setzen, so daſs

$\int \frac{\sqrt{(dx^2 + dz^2)}}{\sqrt{z}}$ ein Kleinstes seyn muſs, indem ja der constante Divisor $2\sqrt{g}$ auf diese Eigenschaft keinen Einfluſs hat.

Denkt man sich nun mannigfaltige Curven durch beide gegebene Puncte gezogen, so würde für jede derselben x eine andre Function von z seyn; für jede derselben würde unser Integral einen andern Werth erhalten, und wenn man von einer zu einer andern, wenig davon abweichenden überginge, so würde im Allgemeinen eine Aenderung im Werthe des Integrals vorgehen, und diese Aenderung ist es, die hier die Variation des Integrals, (die man mit δ bezeichnet,) heiſst. Aber es erhellet leicht, daſs wenn die Curve des schnellsten Falles richtig gezeichnet wäre, so würde man, sowohl durch bedeutendere Abweichungen nach der einen Seite als durch Abweichungen nach der andern Seite, ein *gröſseres* Integral erhalten; statt daſs also sonst in einer gewissen Reihenfolge, wenn man verschiedene

1 Galilei glaubte, der Kreis möge diese Eigenschaft haben. Opere. Tom. II. p. 627.

Linien gezeichnet hätte, die zweite ein kleineres Integral als die erste, und ein grösseres als die dritte geben würde, hätte die als richtig gezeichnete Curve die Eigenschaft, dass, wenn sie die mittlere oder zweite wäre, das Integral kleiner für sie als für die erste, aber auch kleiner als für die dritte seyn würde. Mit andern Worten, die richtige Curve ist diejenige, wo das Integral bei *sehr geringen* Aenderungen keine (nämlich durch das erste Glied der Differenzreihe auszudrückende) Aenderung leidet. Daher $\delta \int \frac{\gamma(dx^2 + dz^2)}{\gamma z} = 0$, oder

$$\int \delta . \left\{ \frac{\gamma(dx^2 + dz^2)}{\gamma z} \right\} = 0,$$

oder da die Bestimmung der Variationen keinem andern Gesetze, als der Bestimmung der Differentiale folgt,

$$0 = \int \left\{ \frac{dx.\delta dx}{ds.\gamma z} + \frac{dz.\delta dz}{ds.\gamma z} - \frac{1}{2} \frac{ds.\delta z}{\gamma z^3} \right\}.$$

Da hier das Zeichen δ sich auf die Aenderungen bezieht, die statt finden, wenn man von einer Curve zur andern übergeht, die Integration aber den Fortgang auf einer und derselben Curve betrifft, so bezieht sich die Integration auf das Zeichen d, und indem $\delta dx = d.\delta x$, so ist folgende theilweise Integration unstreitig erlaubt:

$$Const. = \frac{dx}{ds.\gamma z} \delta x + \frac{dz}{ds \gamma z} \delta z - \int \left\{ \delta x. d. \left(\frac{dx}{ds \gamma z} \right) + \delta z \left(d. \frac{dz}{ds. \gamma z} + \frac{ds}{2 \gamma z^3} \right) \right\}$$

Die Const. müsste hier so bestimmt werden, dass der Werth des Integrals bei dem einen gegebenen Puncte, wo die Bewegung anfangen sollte, = 0 würde und dann müsste das Integral bis zu dem andern gegebenen Puncte genommen werden, um seinen vollen Werth zu erhalten. Dass diese Integration nicht bloss erlaubt, sondern nothwendig sey, ist etwas schwerer zu beweisen; indess lässt sich wenigstens folgendes annehmen. Wenn wir uns eine der Curven, unter denen wir die richtige auswählen sollen, gezeichnet denken, so gehen wir zu einer andern über, indem wir den einzelnen Puncten jener eine geänderte Lage geben. War also dx, als dem Bogen ab angehörend $= \alpha\gamma$, so wird es, indem jene Puncte nach a' und b' hinübergehen, in $\alpha\delta$ verändert und es wäre $\alpha\delta - \alpha\gamma = \delta . dx$. Fig. 7.

Es erhellet aber leicht, dafs man von der Curve HK zur Curve HL übergehen kann, ohne gerade die Endpuncte eines bestimmten Elementes δb nach den Puncten a′ und b′ hinüber zu tragen, und dafs folglich die $\delta . dx$, selbst bei dem Uebergange zu einer bestimmten Curve, unbestimmt bliebe. Diese Unbestimmtheit mufs offenbar in der Rechnung vermieden werden, und daher gilt die Regel, dafs die verschiedenen Zeichen δ, d nicht vereinigt vorkommen dürfen.

Sobald durch diese Operation die Glieder so getrennt sind, dafs Glieder mit δx und mit δz multiplicirt aufser dem Integralzeichen, und eben so gebildete Glieder unter dem Integralzeichen stehen, so ist keine weitere Integration möglich; denn eine neue theilweise Integration würde auf $d.\delta x$ und $d.\delta z$ zurückführen, eine vollkommene Integration aber wäre nur möglich, wenn für δx, δz, bestimmte Functionen von x, z gesetzt würden, was gegen die Natur der Sache ist, indem wir dann zu einer genau bestimmten andern Curve übergingen, statt dafs wir zu einer jeden andern Curve sollten übergehen dürfen.

Aber eben diese Betrachtung fordert nun auch, dafs die jetzt noch unter dem Integralzeichen stehende Summe von Gliedern gänzlich verschwinde. Es ist nämlich offenbar, dafs die vom Integralzeichen befreiten Glieder zwischen den Grenzen, welche die beiden Endpuncte angeben, genommen, einen bestimmten Werth geben, die unter dem Integralzeichen stehenden dagegen immer einen andern Werth erhalten, je nachdem wir für δx, δz uns andere Functionen von x und z denken. Jene hängen nur noch von den Endpuncten ab, das ganze Integral dagegen von den durch den ganzen Raum der Curve angenommenen Werthen von δx, δz; nähme man daher auch das Integral so, dafs es für den Anfangspunct verschwände, so würde doch sein Werth für den Endpunct gänzlich von dem Gesetze abhängen, wonach die Aenderungen δx, δz festgesetzt wären; ein solches angenommene Gesetz würde aber die Untersuchung höchst beschränkt auf den Uebergang zu einer bestimmten Curve beziehen; soll sie unbeschränkt durchgeführt werden, so darf ein solches Gesetz gar nicht herein gebracht werden; — kurz, da mit jedem solchen Gesetze ein anderer Werth des Integrals hervorginge, und doch dieses Integral einen constanten Werth haben soll, so mufs es $= 0$ seyn, oder der Coefficient von δx unter dem Integralzeichen, mufs eben so wie

der Coifficient von δz, jeder für sich, $= 0$ seyn, indem nur dann jenes Constantbleiben für alle Functionen, die man statt δx, δz setzen möchte, statt findet.

Es ist also $0 = d.\frac{dx}{ds.\sqrt{z}}$,

$$\text{und } 0 = \frac{ds}{2.\sqrt{z^3}} + d.\frac{dz}{ds.\sqrt{z}}.$$

Hierin scheint eine doppelte Bedingung gegeben zu seyn; ich werde aber sogleich zeigen, dafs die eine schon in der andern enthalten ist, und es läfst sich aus allgemeinen Gründen zeigen, dafs dieses allemal statt findet.

Die erste giebt $\frac{dx}{ds.\sqrt{z}} = \text{Const.}$,

oder $z ds^2 = a dx^2$,

$$\text{oder } dx = dz\sqrt{\frac{z}{a-z}}.$$

Es sey hier wieder $\sqrt{\frac{z}{a-z}} = \text{Tang.}\,\tfrac{1}{2}\varphi$,

$\frac{\sqrt{z}}{\sqrt{a}} = \text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\varphi$; $\frac{\sqrt{(a-z)}}{\sqrt{a}} = \text{Cos.}\,\tfrac{1}{2}\varphi$,

also $\text{Cos.}\,\varphi = 1 - \frac{2z}{a}$, $dz = \tfrac{1}{2}a\,d\varphi.\,\text{Sin.}\,\varphi$,

$dx = \tfrac{1}{2}a\,d\varphi.\,\text{Sin.}\varphi.\,\text{Tang.}\tfrac{1}{2}\varphi = a\,d\varphi.\,\text{Sin.}^2\tfrac{1}{2}\varphi$.

also

$$x = C - 2a\,\text{Sin.}\tfrac{1}{2}\varphi\,\text{Cos.}\tfrac{1}{2}\varphi + a\int d\varphi.\,\text{Cos.}^2\tfrac{1}{2}\varphi,$$
$$x = C - 2a\,\text{Sin.}\tfrac{1}{2}\varphi\,\text{Cos.}\tfrac{1}{2}\varphi + a\int(d\varphi - d\varphi.\,\text{Sin.}^2\tfrac{1}{2}\varphi),$$
$$x = C - a\,\text{Sin.}\varphi + a\varphi - x,$$

da $dx = a\int d\varphi.\,\text{Sin.}^2\tfrac{1}{2}\varphi$ war,

also endlich $x = \tfrac{1}{2}C + \tfrac{1}{2}a\varphi - \tfrac{1}{2}a\,\text{Sin.}\,\varphi$.

oder da der Anfangspunct der Abscissen willkürlich ist, und C nur davon abhängt,

$$x = \tfrac{1}{2}a\varphi - \tfrac{1}{2}a.\,\text{Sin.}\,\varphi,$$
$$z = \tfrac{1}{2}a - \tfrac{1}{2}a.\,\text{Cos.}\,\varphi,$$

Gleichungen, in denen man die *Cykloide* erkennt.

Dafs die zweite Bedingungsgleichung eben das giebt, läfst sich hier leicht zeigen. Wir hatten nämlich

$ds.\sqrt{z} = dx\sqrt{a}$, also

$$dx^2 = dz^2.\frac{z}{a-z},$$

$$ds = dz\sqrt{\frac{a}{a-z}},\text{ und daher}$$

$$d.\frac{dz}{ds.\sqrt{z}} = d.\sqrt{\frac{a-z}{az}} = \frac{-\frac{1}{2}a\,dz}{\sqrt{[az^3(a-z)]}},$$

welches sich gegen $\frac{ds}{2\sqrt{z^3}} = + \frac{\frac{1}{2}dz\sqrt{a}}{\sqrt{(z^3(a-z))}}$ aufhebt.

Die *Cykloide* ist also die Linie des schnellsten Falles, und eben so wie hier wird in allen Fällen die Natur der gesuchten Curve aus dem unaufgelöst gebliebenen Integral, welches $= 0$ seyn mufste, hergeleitet. Nur diejenige Curve, für welche jene einzelnen unter dem Integralzeichen stehenden Coefficienten $= 0$ werden, hat die Eigenschaft, dafs bei kleinen Abweichungen von ihr die Fallzeit sich gar nicht oder nur um Gröfsen des zweiten Grades, (die hier positiv ausfallen würden) ändert.

Um die Cykloide völlig zu bestimmen, mufs nun die Lage der beiden Puncte gegeben seyn. Für den einen mag $x = a'$, $z = b'$ für den andern $x = a''$, $z = b''$ seyn, so würde die Constans der Gleichung Const. $= \frac{dx}{ds.\sqrt{z}}\,\delta x + \frac{dz}{ds.\sqrt{z}}\,\delta z$

durch Const. $= \frac{da'.\,\delta a' + db'.\,\delta b'}{\sqrt{b'}.\sqrt{(da'^2 + db'^2)}}$

gegeben und der volle Werth dieser Integralgleichung durch

$$\frac{da'.\,\delta a' + db'.\,\delta b'}{\sqrt{b'}.\sqrt{(da'^2+db'^2)}} = \frac{da''.\,\delta a'' + db''.\,\delta b''}{\sqrt{b''}.\sqrt{(da''^2+db''^2)}},$$

ausgedrückt seyn.

Wären nun die Puncte, von deren einem der Fall ausgehn und zu deren anderem er hingehen soll, nicht als ganz feste Puncte gegeben, sondern hiefse die Frage, man solle die Linie bestimmen, auf welcher der Körper am schnellsten von der Linie AB zu CD hinüber gelangte, so liefse sich der Anfangspunct G verändern, oder es wäre auch a' und b' einer Variation unterworfen, jedoch so, dafs G auf der Linie AGB bleiben müfste, also $\delta b'$ durch $\delta a'$ gegeben wäre. In diesem Falle bezieht sich $\delta a'$, $\delta b'$, auf die Aenderung der Lage des Anfangspunctes also auf die gegebene Curve AGB, dagegen da', db' auf die Anfangsrichtung der von G ausgehenden Cykloide, die, wie sich leicht zeigen läfst, die gegebene Curve senkrecht schneiden mufs. Etwas genau diesem Entsprechendes findet in Beziehung auf den Endpunct statt. Aber um nicht zu lange bei

Fig. 8.

dieser Frage zu verweilen, will ich nicht diesen Fall betrachten, sondern nur den, da beide Endpuncte fest gegebene Puncte sind. In diesem Falle ist $\delta a' = \delta b' = 0$; $\delta a'' = \delta b'' = 0$, weil keine willkürliche Abänderung der Puncte gestattet ist, und nun fügt die zuletzt angeführte Gleichung keine neue Bedingung zur Auflösung hinzu, sondern diese ist völlig in den beiden Gleichungen

$$x = C + \tfrac{1}{2} a\varphi - \tfrac{1}{2} a. \text{Sin}. \varphi,$$
$$z = \tfrac{1}{2} a - \tfrac{1}{2} a. \text{Cos}. \varphi$$

enthalten, wo C, a noch zu bestimmen sind. Die Lage der beiden Puncte dient zu ihrer Bestimmung, und diese sey also durch $x = 0$, $z = 0$ für den höheren; $x = \alpha$, $z = \beta$ für den tieferen gegeben. Dann ist

$$0 = C + \tfrac{1}{2} a\varphi - \tfrac{1}{2} a \text{ Sin}. \varphi,$$
$$\text{und } 0 = \tfrac{1}{2} a - \tfrac{1}{2} a \text{ Cos}. \varphi,$$

also $\varphi = 0$, im Anfangspuncte (vermöge der zweiten Gleichung) und zugleich $C = 0$; für den Endpunct aber

$$\alpha = \tfrac{1}{2} a\varphi - \tfrac{1}{2} a \text{ Sin}. \varphi$$

und $\beta = \frac{1}{2} a (1 - \text{Cos}. \varphi)$, wo a dadurch bestimmt wird, daſs

$$\text{Cos}. \varphi = 1 - \frac{2\beta}{a},$$

$$\text{und } \alpha = \tfrac{1}{2} a \left\{ \text{Arc. Cos.} \left(1 - \frac{2\beta}{a}\right) - \sqrt{\left(\frac{4\beta}{a} - \frac{4\beta^2}{a^2}\right)} \right\}$$

ist. Die letzte Gleichung, als eine transcendente, muſs durch Versuche aufgelöset werden.

Es sey $\alpha = \frac{1}{2}\beta\pi$, so läſst sich leicht übersehen, daſs $a = \beta$ wird, indem dadurch $\alpha = \frac{1}{2}\beta.$ Arc. Cos. $(-1) = \frac{1}{2}\beta\pi$, identisch wird. In diesem Falle ist der Anfangspunct, (wie allemal bei einem festen Anfangspuncte) der Punct, in welchem die Cykloide ihre Spitze hat, der Endpunct hingegen der tiefste der Cykloide, oder der Körper durchläuft gerade die halbe Cykloide.

Um einen andern Fall zu betrachten, sey dagegen $\alpha = 10\beta$, also

$$10\beta = \tfrac{1}{2} a (\varphi - \text{Sin}. \varphi),$$
$$\beta = \tfrac{1}{2} a (1 - \text{Cos}. \varphi),$$
$$10 = \frac{\varphi - \text{Sin}. \varphi}{1 - \text{Cos}. \varphi}.$$

Versucht man hier $\varphi = 270°$, so ergiebt sich nach dem Gleichheitszeichen 5,712,

$\varphi = 300°$ giebt . . . . 12,204.
$\varphi = 290°$ . . . . 9,12.
$\varphi = 293°$ . . . . 9,904.
$\varphi = 294°$ . . . . 10,188.
$\varphi = 293°.\ 20'$ . . . . . 9,9978.
$\varphi = 293°.\ 21'$ . . . . . 10,00002. und endlich

$$a = \frac{2\beta}{1 - \text{Cos. } 293°.\ 21'} = 3{,}313.\ \beta.$$

das ist, die Cykloide muſs durch einen Kreis vom Durchmesser $= 3{,}313.\ \beta$ beschrieben werden, damit der auf ihr fallende und in ihrer zweiten Hälfte wieder steigende Körper in der kürzesten Zeit zum Endpuncte gelange. Da BC $= \beta$, NB $= 10\beta$ war, so würde ein auf NC laufender Körper die Zeit

Fig. 6.

$= \frac{\sqrt{101.\beta}}{2\sqrt{g}} = \frac{\sqrt{\beta}}{\sqrt{g}}.\ 5{,}0497$ nöthig haben; der die halbe Cykloide NA durchlaufende Körper braucht die Zeit $= \pi.\sqrt{\frac{\beta}{g}}.\ \sqrt{0{,}8281} = 2{,}876.\ \sqrt{\frac{\beta}{g}}$, er würde also in einer Zeit $= 5{,}74.\ \sqrt{\frac{\beta}{g}}$ den höchsten Punct der Cykloide E wieder erreichen, also der Punct C schon viel früher, und selbst hier, wo der Endpunct erst im Steigen wieder erreicht wird, ist die Cykloide die Linie des schnellsten Falles.

Ueber die Gesetze des Falles im widerstehenden Mitteln s. *Widerstand.* *B.*

Fallmaschine.

Atwood's Fallmaschine, um die Gesetze des freien Falles zu zeigen, beruht auf der einfachen Ueberlegung, daſs man die Schnelligkeit des Falles mäſsigen kann, indem man die Beschleunigung des fallenden Körpers durch ein Gegengewicht vermindert, daſs aber die Gesetze, nach welchen Geschwindigkeit und durchlaufener Weg von der Zeit abhängen, dabei ungeändert bleiben.

Fig. 9. Auf der Mitte eines dreieckigen Fuſsbrettes AB, welches auf einem Fuſse D und zwei Schrauben E, E, ruhet, um durch letztere horizontal gestellt zu werden, erhebt sich senkrecht die

hölzerne Säule FG, auf welcher, einige Zolle vom höchsten Puncte anfangend, eine Theilung von Zollen und Zehntel-Zollen angebracht ist. Diese Theilung wird, um die Tiefen des Falles anzugeben, von oben an herabwärts gezählt, und geht, (wie die Figur zeigt) bis auf 64 Zolle. (Statt 64 Zolle, welches eine Anordnung auf 8 Secunden ist, könnte man 49 Zoll, 81 Zoll wählen, wenn man die Einrichtung auf 7 oder 9 Secunden machen wollte.)

Oben bei G ist vermittelst der Schraube N, die in einer messingenen Schraubenmutter eine genaue und sichere Haltung finden muſs, eine Platte LM befestigt, welche die Rolle K trägt. Diese Rolle, die sehr genau centrirt und überhaupt sauber gearbeitet seyn muſs, da von ihrer vollkommen gleichen und leichten Bewegung alles abhängt, dreht sich um eine stählerne Axe ab, deren Enden in sorgfältig gearbeiteten Zapfenlagern ruhen. Man kann durch eine Schraube die an den Enden geschlossenen kreisförmigen Zapfenlager ein wenig mehr oder weniger gegen die in Spitzen ausgehenden Enden der Axe drükken, wodurch die — allemal schwache — Reibung ein wenig vermehrt oder vermindert wird. Fig. 10.

Ueber den eingeschnittenen Rand der Rolle geht eine Schnur, an welcher die Gewichte bei OP, O′P′ hängen. Die Rolle hat ihre Stellung aber genau so, daſs das eine dieser Gewichte vor der Mitte der Scale herabläuft. Um die Bewegung der Gewichte, unter denen das vor der Scale herabsinkende das Uebergewicht haben muſs, zu hemmen, dient ein horizontal beweglicher, mit Tuch bekleideter Hebel Q, der die Schnur bei M andrückt, und den man durch einen Schlag mit einem Stäbchen plötzlich fortbewegt in dem Augenblicke, da die Bewegung des fallenden Gewichtes anfangen soll[1]. Die Gewichte richtet man (aus Gründen, die nachher vorkommen) so ein, daſs sie aus kreisförmigen Scheiben bestehen, und auf die mit ihnen gleichen Durchmesser habenden Scheiben OP, O′P′, sich auflegen lassen, wo sie von dem mit OP senkrecht verbundenen, metallenen Stäbchen p gehalten werden, indem sie, mit einem Einschnitte versehen, von der Seite aufgeschoben, auf Fig. 11.

1 Dieser Hebelarm ist in Fig. 9 nur im Querschnitte, als die Schnur bei M andrückend, zu sehen, in Fig. 10 aber im Längendurchschnitte MQ. Sein Drehungspunct liegt etwa bei R.

den Scheiben O P, O'P' ruhen. Diese Gewichte sind nun erstlich solche, die auf beiden Scheiben O P, O'P' gleich aufgelegt werden, und dann zweitens ein Uebergewicht, das dem *vor* der Scale herabsinkende Gewichte beigefügt wird. Endlich befindet sich seitwärts an der Säule ein Pendel, welches bestimmt ist, die Zeit des Herabfallens des Gewichtes O P zu messen. Dasselbe ist entweder ein einfaches Secundenpendel, wenn die Gewichte O P, O'P' so eingerichtet werden, daſs das Herabfallen innerhalb einer Zeit von 8 Secunden geschieht, oder die Linse desselben ist beweglich, um seine Schwingungen willkürlichen Zeiten anzupassen. Der Gebrauch, den man von dieser Maschine machen will, ist ein doppelter. Erstlich zu zeigen, daſs die Fallräume den Quadraten der Zeiten proportional sind; zweitens die Geschwindigkeit, welche der fallende Körper wirklich in einem bestimmten Augenblicke erlangt hat, anzugeben, oder zu zeigen, daſs sie der Theorie gemäſs ist. Die Vorbereitung zu diesen Versuchen besteht nur darin, daſs man die Maschine in eine genau verticale Stellung bringe, und das richtige Uebergewicht, um einen bestimmten Fallraum in
Fig. 12. der Secunde zu erhalten, berechne. Um das erstere zu erhalten, bringt man die durchbrochene Unterlage, deren Kreisöffnung die Gewichtsscheiben bequem, aber ohne zu groſsen Raum übrig zu lassen, durchläſst, ziemlich tief an der Säule so an, daſs das Gewicht hindurch geht, und corrigirt die Stellung der Säule mit Hülfe der Schrauben E, E, so lange, bis das Gewicht frei, ohne anzustoſsen, durchgeht. Diese Unterlage, wird durch den um die Säule passenden Arm w s gehalten, und durch eine Feder bei s an die Säule fest angedrückt. Um aber das zu einer bestimmten Beschleunigung erforderliche Uebergewicht zu finden, muſs man so verfahren. Wir wollen annehmen, die Zolle wären Pariser Zolle und man verlange, daſs der Fallraum in der ersten Secunde 1 Zoll betragen solle, so muſs, da 1 Zoll gleich dem 181sten Theile der natürlichen Fallhöhe ist, die Beschleunigung auf $\frac{1}{181}$ herabgesetzt werden; also, wenn man auf das Moment der Trägheit der Scheibe nicht achtet, und mit P das eine, mit P + q das andere Gewicht bezeichnet, so muſs $\frac{q}{2P+q} = \frac{1}{181}$ seyn, indem die bewegende Kraft gleich dem Uebergewichte q, die bewegte Masse $= 2P + q$

ist, und jene Kraft auf eine Masse = q verwandt die volle Geschwindigkeit der frei fallenden Körper, auf 2q verwandt die halb so groſse Geschwindigkeit u. s. w. hervorbringen würde, also nur $\frac{1}{181}$ der Geschwindigkeit, wenn die Masse = 181. q ist. Es müſste also 180. q = 2P, q = $\frac{1}{90}$ P seyn, das ist 50 Gran, wenn man jedes der beiden Gewichte auf 4500 Gran eingerichtet hätte. Um genau zu rechnen, muſs man zu dem Gewichte 2P noch das auf die Entfernung der Schnur reducirte Gewicht der Rolle K rechnen; denn auch diese Masse muſs mit in Bewegung gesetzt werden. Ist die Rolle so gearbeitet, daſs sie durchbrochen, wie ein Rad, nur dünne Radien, zu Verbindung des festen Randes, in dem die Schnur läuft, mit der Axe, darbietet, so liegt fast ihre ganze Masse nahe in eben der Entfernung vom Mittelpuncte, wie die Schnur selbst, und erhält fast eben die Geschwindigkeit, wie die Gewichte; daher man dann sehr unbedeutend fehlt, wenn man das ganze Gewicht der Rolle mit den angehängten Gewichten und der Schnur zusammen unter 2P versteht.

Findet man es zu unbequem, erst das für den Fallraum = 1 Zoll in der ersten Secunde erforderliche Uebergewicht auszurechnen, so kann man statt des Secundenpendels ein Pendel, an welchem die Linse sich verschieben läſst, nehmen, und dieses so stellen, daſs es 8 Schläge thut, während das mit einem Uebergewicht versehene Gewicht die ganze Scale von 64 Zollen durchläuft; diese Stellung der Pendellinse läſst sich durch einige Versuche leicht erhalten und dient für jedes willkürliche Uebergewicht; hier will ich indeſs annehmen, man habe die Anordnung richtig nach dem Secundenpendel gemacht.

Um nun erstlich zu zeigen, daſs die Fallräume den Quadraten der Zeiten proportional sind, hängt man das Gewicht mit seinem gehörigen Uebergewichte an, und stellt das vor der Scale hängende so, daſs seine untere Fläche genau neben dem Nullpuncte sich befindet. Hat man diese Stellung erreicht, so drückt man den bis dahin von M entfernten Hebel an M an, damit er die Schnur gegen M herandrücke und festhalte. Man achtet dann auf die Schläge des Secundenpendels, und im Momente eines Pendelschlages stöſst man den Hebel zurück und

fängt die Schläge des Pendels zu zählen an. Ist alles richtig angeordnet, so kommt mit dem Ende der 8ten Secunde das Gewicht auf dem Boden bei F an und hat also 64 Zoll in 8 Secunden durchlaufen. Um einen zweiten Versuch für eine andre Fallzeit, zum Beispiel 5 Secunden anzustellen, wird eine Unterlage, die nicht durchbrochen ist, sondern die feste Fläche uvxy *ohne* Oeffnung darbietet, so an die Säule gesetzt, daſs sie auf 25 Zoll anliegt; der vorige Versuch wird genau eben so wiederholt, aber am Ende der 5ten Secunde hört man das Gewicht aufschlagen. So kann man sich für alle einzelne Secunden überzeugen, daſs der Fallraum 1 Zoll in der ersten, 4 Zoll in den 2 ersten, 9 Zoll in den drei ersten Secunden betrage u. s. w.

Bei diesen Versuchen konnte das den übrigen Gewichten zugelegte Uebergewicht jede beliebige Gestalt haben; bei den folgenden, wo die durchbrochene Unterlage ihre Dienste thut,
Fig. muſs das Uebergewicht die Form eines Stäbchens, dessen Länge
12. den Durchmesser des Kreises zz übertrifft, haben, oder aus mehreren solchen Stäbchen bestehen. Soll nämlich gezeigt werden, welche Geschwindigkeit der fallende Körper in einem bestimmten Puncte erlangt hat, so muſs in diesem Puncte das Uebergewicht abgehoben werden, damit der Körper ohne neue Beschleunigung, mit der einmal erlangten Geschwindigkeit fortgehe. Dieser Zweck wird durch die durchbrochene Unterlage erreicht, welche das Hauptgewicht durchläſst, aber das Uebergewicht abhebt, oder das Stäbchen, welches als Uebergewicht diente, zurückbehält. Es sey diese Unterlage so an der Säule befestigt, daſs sie genau in dem Augenblicke das Uebergewicht abhebt, wo die untere Fläche OP bei 25 Zoll ankommt: so wissen wir nun, daſs die Fallzeit bis dahin, wenn man das Fallen wie vorhin von Null anfangen läſst, 5 Secunden beträgt. Am Ende der fünften Secunde ist die erlangte Geschwindigkeit nach der Theorie $= 2g.t = 2.1.5$, weil hier $g = 1$ Zoll der Fallraum in der ersten Secunde ist, und wenn der Körper nur diese Geschwindigkeit unbeschleunigt behielte, so würde er am Ende der 6ten Secunde bis 35 Zoll, am Ende der 7ten Secunde bis 45 Zoll, am Ende der 8ten bis 55 Zoll gelangen, und wenn man auf 55 Zoll die undurchbrochne Unterlage angebracht hat, so wird man das fallende Gewicht dort mit dem Ende der achten Secunde aufschlagen hören. Will man ihn un-

ten bei 64 aufschlagen lassen, so ist es bequem, die durchbrochne Unterlage auf 16 Zoll oder vielmehr so anzubringen, dafs das Uebergewicht abgehoben werde, indem die Grundfläche des Gewichts auf 16 Zoll ankömmt; dann hat es hier eine Geschwindigkeit von 8 Zoll in der Secunde und indem es mit dem Ende der 4ten Secunde 16 Zoll, mit dem Ende der 5ten Secunde 24 Zoll und so ferne erreicht, so schlägt es erst mit dem Ende der 10ten Secunde unten auf.

Die mancherlei Abänderungen, die man bei den Versuchen machen kann, indem man das Uebergewicht gröfser oder kleiner nimmt und so den Fallraum jedesmal anders bestimmt, die Beschleunigung aber immer der Gröfse $\frac{q}{2P+q}$ gleich findet, und andre, will ich hier nicht anführen, da das bisher Gesagte schon zeigt, dafs dieses Instrument ungemein viel Belehrung darbietet, ja sogar uns die Gröfse des Fallraums der frei fallenden Körper ziemlich genau angeben würde, wenn nicht dazu schon bessere Mittel bekannt wären. *B.*

Fallschirm.

Parachute; *Fall-breaker*; nennt man eine schirmartige Vorrichtung, womit Gegenstände aus grofsen Höhen herabfallen können, ohne beschädigt zu werden, weil durch den Widerstand der Luft gegen dieselbe die Fallgeschwindigkeit genügend verzögert wird. Die erste Idee hierzu entlehnte Le Normand, Professor zu Montpellier, aus einer Nachricht, dafs indische Sklaven sich zur Belustigung der Könige vermittelst eines Sonnenschirms aus beträchtlichen Höhen herabzulassen pflegen, und er versuchte es daher selbst den 26sten Nov. 1783, die fischbeinenen Stäbe eines Regenschirms von 30 Z. Durchmesser zur Verhütung des Zurückschlagens an den Enden mit Bindfaden festzubinden, und diesen in der Hand haltend von der ersten Etage eines Hauses herabzuspringen. Weitere Versuche machte er mit Thieren, welche an einem ähnlichen Schirme von 28 Z. Durchmesser unbeschädigt vom Observatorio herabfielen. Für einen Menschen berechnete er die erforderliche Gröfse eines Fallschirms zu 14 Fufs Durchmesser, und schlug die Gestalt eines Conus als die bequemste vor. Einige dieser Versuche sah J. Montgolfier mit an, und wiederholte sie nachher in Verbin-

dung mit einem gewissen Braste, indem sie eine Vorrichtung von Leinwand in Gestalt einer Halbkugel 7—8 F. im Durchmesser haltend verfertigten, vom Rande derselben 12 Seile 7 F. lang herabhängen liefsen, diese unter der hohlen Fläche der Halbkugel vereinigten, einen Korb aus Weiden geflochten daran banden, und in diesem einen Hammel vom höchsten Thurme in Avignon mehrmals herabfallen liefsen, ohne dafs er im mindesten Schaden erlitt[1]. Blanchard wiederholte diese Versuche, indem er zuerst Thiere von seinen Aërostaten aus beträchtlichen Höhen mit einem Fallschirme herabfallen liefs, und es zuletzt in Basel selbst wagte, sich damit herabzulassen. Hierbei hatte er das Unglück, auf Bäume zu fallen, und ein Bein zu brechen, weswegen er den Versuch nicht wiederholte. Der von ihm gebrauchte Fallschirm, so wie derjenige, womit Garnerin am 1sten Brumaire 1797 im Jardin de Mousseaux herabfiel, glich einem grofsen Regenschirme, welcher halb ausgespannt zwischen dem Ballon und der Gondel, eine Art von Zelt über dem Aëronauten bildete. Als er sich durch den Widerstand der Luft öffnete, hatte er 25 F. im Durchmesser, bestand aus Leinwand, und zeigte in diesem und in andern Fällen beim Fallen dasjenige Phänomen, was aus der Theorie eben so sehr folgt, als für die praktische Anwendung von grofser Bedeutung ist, er gerieth nämlich durch den Widerstand der Luft in starke Schwankungen, wie sie bei einem fallenden Blatte zu seyn pflegen. Später wiederholte Garnerin den Versuch öfter, und in London am 21sten Sept. 1802 schon zum fünften Male[2].

Beim Herabfallen vermittelst eines Fallschirmes mufs man die Schwere des Ganzen im Schwerpuncte vereinigt annehmen, den Widerstand der Luft kann man aber als gegen einen Punct gerichtet ansehen, welcher wenig *unter* dem Schwerpuncte des Fallschirms, und daher *über* dem Schwerpuncte der ganzen Masse liegt. Wenn nun der Schwerpunct sich nicht senkrecht unter dem Widerstandspuncte befindet, so wird letzterer über ersterem pendelartig oscilliren, und zwar so viel schneller, je kleiner der Abstand beider ist, und fielen beide zusammen, so könnte der Fallschirm ganz umschlagen. Es ist daher rathsam,

1 Ann. de Chim. XXXI. 269. G. XVI. 156.
2 S. G. XVI. 38.

die Last tiefer unter den Schwerpunct des Fallschirms anzubringen, und dem letzteren einen längeren Stiel zu geben, um das Oscilliren seines Widerstandspunctes um einen über dem Schwerpuncte liegenden Punct zu verhüten[1]. Die Schwankungen des Fallschirmes, womit sich Garnerin nach seinem Auffluge zu London am 21sten Sept. 1802 von einer unglaublichen Höhe herabliefs, machte nach Nicholson's[2] Berichte Schwankungen, deren jede ohngefähr 6″ dauerte, und so stark waren, dafs der Fallschirm sich halb schlofs, aber wieder ganz öffnete, wenn die Gondel lothrecht unter demselben hing. Der Fallschirm hatte 30 Fufs im Durchmesser, und seine Schwankungen wurden kleiner, als er der Erde näher kam. Dicht über dem Boden erhielt Garnerin einige heftige Stöfse, befand sich sehr unwohl, wurde aber bald wieder hergestellt[3].

Aufser dieser im Bau des Fallschirms und dem Widerstande der Luft gegen denselben liegenden Veranlassung zu Schwankungen, wird er in solche sicher auch durch das ungleiche Ausweichen der comprimirten Luft, durch die nicht völlig horizontal liegende Widerstandsfläche und durch die Luftbewegungen selbst versetzt, weil sonst die Gröfse derselben überhaupt und ihre Zunahme nicht füglich erklärbar wären.

Sucht man die Gröfse eines Fallschirms, welcher sich mit einer gegebenen Geschwindigkeit bewegen soll, so erhält man diese, wenn man berücksichtigt, dafs der Widerstand der Luft bei gleicher Geschwindigkeit der Bewegung der gegen die Luft bewegten Flächen proportional ist, und daher das gegebene Gewicht des Fallschirms und der daran hängenden Last dem Widerstande für die bestimmte Gaschwindigkeit gleichgesetzt werden mufs.

Unter dem Artikel: *Widerstand der Mittel* befindet sich die von Hutton berechnete Tafel des Widerstandes gegen eine Fläche von $\frac{2}{9}$ Quadrat F. für die verschiedenen Geschwindigkeiten in Unzen nach Lond. Mafs und Troygewicht, woraus die Gröfsen entlehnt werden können. Es soll z. B. ein Schirm gesucht werden, womit ein Mann von 150 ℔ Gewicht mit 10 F.

1 S. Gilbert XVI. 14. aus Décade philos. lit. et mor. An VI. No. 4. p. 237.

2 S. Nich. Journ. III. 143.

3 Hutton Dict. 44.

Geschwindigkeit herabfällt, oder mit einer solchen, welche er durch einen Sprung von 1,562 F. engl. Höhe erhält[1]. Die Tafel giebt für 10 F. Geschwindigkeit und $\frac{1}{4}$ Quad. F. Fläche 0,57 Unzen = 0,0475 ℔ Widerstand; mithin ist der Widerstand gegen einen Fallschirm vom Halbmesser $r = \frac{4}{7} \times 0,0475\, r^2 \pi$, und dieser mufs dem Gewichte des Fallschirmes und des Mannes gleich seyn. Um Ersteres zu bestimmen, sey das Gewicht einer Kreisfläche des Schirmes von 1 F. Rad. = 0,25 ℔. Indem dann die Gewichte sich verhalten wie die Flächen, d. i. wie die Quadrate der Halbmesser, so ist das Gewicht des Schirmes $= 0,25\, r^2$. Mithin

$$0,25\, r^2 + 150 = \frac{4}{7} \times 0,0475\, r^2 \pi$$

woraus $r = 18,864$ F. gefunden wird[2]. Wäre die Masse des Fallschirmes zu schwer, so würde r unmöglich werden. Wöge z. B. die Fläche von 1 F. Rad. 1 ℔, so wäre $r^2 + 150 = \frac{4}{7} \times 0,0475\, r^2 \pi$ woraus $r^2\,(1 - 0,67151) = -150$ unmöglich wird. Es läfst sich hiernach also gleichfalls berechnen, welches der gröfste Werth des Gewichtes einer Fläche von 1 F. Radius eines solchen Fallschirmes seyn kann, nämlich für 0,67151 ℔ würde der Radius des Schirmes unendlich werden, und der Quadratwurzel jedes kleineren Gewichtes proportional abnehmen. Auf allen Fall mufs also das Gewicht einer Fläche von 1 F. Rad. kleiner seyn als 0,67151 ℔, und der Fallschirm ist überhaupt um so viel besser, je leichter bei übrigens hinlänglicher Stärke die Substanz desselben ist. Das Gewicht der Stäbe und der Stange des Schirmes, welcher im Allgemeinen die Gestalt eines gewöhnlichen Schirmes haben kann, wird am bequemsten dem Gewichte des Mannes hinzuaddirt, und man kann leicht dafür Sorge tragen, dafs der Schwerpunct tief genug unter den Widerstandspunct zu liegen kommt. Uebrigens ist v in der Formel sehr geringe angenommen. Wenn man berücksichtigt, dafs ein Mensch ohne Furcht vor Verletzung von 4 engl. Fufs Höhe, insbesondere auf nicht sehr harten Grund füglich herabspringen kann, so wird $s = 4$ F. und $v = 16$ F., wofür die Tabelle einen Widerstand = 1,538 Unzen = 0,128 ℔ giebt. Dieses in die obere Formel substituirt, giebt

---

1 Da die Geschwindigkeit $v = 2\sqrt{gs}$, so ist für $g = 16$ F. engl. und $v = 10$ F. $s = 1,562$ F. S. *Fall* No. 4.

2 Vergl. Hutton Tracts of math. and phil. subj. III. 316.

$$0{,}25r^2 + 150 = \tfrac{4}{7} \times 0{,}128 r^2 \pi$$

woraus r = 9,807 ..., also fast 10 F. gefunden wird. Würde der Halbmesser gröſser, so könnte das beschwerende Gewicht auch vermehrt werden.

Der Anblick eines Menschen, welcher sich aus einer groſsen Höhe mit dem Fallschirm herabläſst, ist im eigentlichen Sinne schauderhaft[1]. Im Anfange insbesondere ist der Fallschirm noch geschlossen, der Fall des Aëronauten daher ein beschleunigter, und sehr schnell. Erst durch den Widerstand der Luft wird der Fallschirm entfaltet, die Fallgeschwindigkeit hört auf eine beschleunigte zu seyn, indem sie vielmehr mit dem Widerstande der Luft ins Gleichgewicht kommt, und abnimmt, wenn die Dichtigkeit der Luft wächst. Es ist daher im Grunde gleichgültig, aus welcher Höhe der Aëronaut sich herabläſst, indem unter übrigens gleichen Bedingungen die Fallgeschwindigkeit, womit er auf der Oberfläche der Erde ankommt, bei den verschiedensten Fallhöhen dieselbe ist. *M.*

F a r b e.

Color; Couleur; *Colour.* Das Licht sowohl der selbstleuchtenden, als auch der erleuchteten Körper zeigt unserem Auge eine Verschiedenheit, die nicht von der Intensität desselben abhängt, sondern die uns als eine *Verschiedenheit der Art des Lichtes* erscheint. Diese Verschiedenheit, die keine weitere Beschreibung, keine Erklärung für den, der sie nicht durch den Anblick kennt, gestattet, ist es, was wir *Ungleichheit der Farbe* nennen.

Daſs die Farbe nicht bloſs in einem *verminderten Grade* des Lichtes ihren Ursprung habe, ist daraus klar, weil wir ein dunkles und helles Roth, das dennoch immer das Eigenthümliche des Roth zeigt, ein dunkles und helles Blau, das dennoch immer blau erscheint, anerkennen, und eben dadurch bekennen, daſs das Eigenthümliche des Eindrucks auf unser Gesicht, welches wie im Roth, Blau, u. s. w. finden, bei allen Graden der Lebhaftigkeit und des Glanzes dasselbe bleibe. Von Göthe hat ganz Recht, auf das Schattige (τὸ σκιερὸν) der Farbe aufmerksam

1 Am auffallendsten war Garnerin's eben erwähnter Versuch bei London.

zu machen[1]; denn Körper, die farbig erscheinen, geben ein minder lebhaftes Licht, als weifse; aber gewifs liegt nicht das Wesen der Farbenverschiedenheit hierin.

Verschiedene Meinungen über den Ursprung der Farben.

2. Fast alles, was über diesen Gegenstand gesagt ist, hat von Göthe gesammelt[2]; ich werde daraus nur Weniges hier ausheben.

Epikur sagte, die Farben wären nicht etwas dem Körper Eigenthümliches, daher man auch nicht sagen könne, dafs der Körper in der Finsternifs Farbe habe[3].

Plato[4] nennt die Farbe eine Flamme, die von jedem Körper ausfliefst. — Das wäre also unsern Begriffen, die Farbe sey ein zurückgeworfenes Licht, ganz wohl entsprechend. — Aber freilich weichen die weitern Erklärungen des Sehens und der aus der Verbindung des Feuers mit der Augenfeuchte hervorgehenden Empfindung der Farbe, sehr von unsern Ansichten ab, und geben in keiner Hinsicht verständliche Aufschlüsse über die Entstehung der Farbe.

Aristoteles[5] scheint ziemlich deutlich die Farben alle als Mischungen aus Schwarz und Weifs anzusehen. Weifs und Schwarz setzt er, wie Licht und Finsternifs, einander entgegen, und scheint also das Weifs als der vollsten Erleuchtung entsprechend, Schwarz als ohne alles Licht anzusehen. Kleine Theilchen, die weifs und schwarz neben einander liegen, könnten vereint weder weifs noch schwarz erscheinen, müfsten also eine andere Farbe darbieten; aus den Verhältnissen der schwarzen und weifsen Portionen entstehe dann eine mannigfaltige Verschiedenheit, und vielleicht gäben die Verhältnisse, die den Consonanzen in der Musik entsprechen, die angenehmsten Farben. Aber wie selbst dieser grofse Philosoph sich und den Leser in einem blofsen Hin- und Herreden, wodurch man dem

1 Zur Farbenlehre, von Göthe. I. Th. S. 29.

2 Der ganze zweite Theil der Farbenlehre, auf den daher die folgenden Citate gehen.

3 S. 6.

4 S. 8. und Plutarch plac. philos. I. 15.

5 S. 19.

Verständnifs des Gegenstandes gar nicht näher kömmt, ermüdet, dafür dient folgende Stelle zum Beweise. „Wie die Farben aus der Mischung des Weifsen und Schwarzen entstehen, so auch die Geschmäcke aus der des Süfsen und Bittern. Die angenehmen Geschmäcke beruhen auf dem Zahlenverhältnifs. Der fette Geschmack gehört zu dem süfsen, der salzige und bittere sind beinahe eins. Der beifsende, herbe, zusammenziehende und saure fallen dazwischen. Schier wie die Arten des Geschmackes verhalten sich auch die Species der Farben. Denn beider sind sieben; wenn man das Dämmrige (φαιον) zum Schwarzen rechnet. Daraus folgt, dafs das Gelbe zum Weifsen gehört, wie das Fette zum Süfsen; das Rothe, Violette, Grüne, Blaue liegen zwischen dem Schwarzen und Weifsen. Und wie das Schwarze eine Beraubung des Weifsen im Durchsichtigen ist, so ist des Salzige und Bittere eine Beraubung des Süfsen in dem nährenden Feuchten," u. s. w.

Von dem, was Theophrast über die Farben sagt[1], kann ich hier nur Weniges anführen. Es erhellet, dafs er das Schwarz als gar kein Licht zurückwerfend ansieht; dafs er Grau, als aus Schwarz und Weifs gemischt betrachtet; dafs er das Gelbroth als aus dem Lichte, wenn es durch reines Schwarz gemäfsiget ist, entstehend, annimmt; dafs er das Blau der Luft als da erscheinend angiebt, wo das Licht abnimmt und die Luft von der Finsternifs aufgefafst wird, u. s. w.

Unter den Schriftstellern, die nach den dunkeln Jahrhunderten des Mittelalters uns einige Belehrung darbieten, hebt v. Göthe, Roger Baco hervor, und sagt uns, was dieser nach seinen, in andern Schriften geäufserten Grundsätzen, unter Voraussetzung, dafs er das, worauf es ankomme, richtig erkannt habe, wohl hätte sagen können; denn wirklich gesagt hat er nicht viel über die Farben. Im sechzehnten Jahrhundert leitete Telesius die Farben aus den Principien der Wärme und Kälte ab[2]. Die übrigen von v. Göthe angeführten Schriftsteller bieten fast gar nichts Belehrendes in Beziehung auf unsern Gegenstand dar. Thylesius und Sim. Portius[3] erklären nur die Farbennamen, die bei den Alten vorkommen. Im siebzehn-

1 v. Göthe. S. 24.
2 v. Göthe. II. 217.
3 S. 173. 197.

ten Jahrhundert beschäftigten sich Mehrere mit den Farben. KEPLER[1] sagt gelegentlich, die Farbe entstehe aus einer Schwächung des Lichts. In den farbigen Körpern ist das Licht eingeboren, es ist aber verborgen, so lange sie nicht von der Sonne erleuchtet werden. DE DOMINIS nähert sich in seinen Ansichten sehr dem, was wir nachher als v. GÖTHE's eigene Ansicht erzählen werden. AGUILONIUS sieht die Farben als für sich müſsig und träge an; das Licht rege sie an, entreiſse sie den Körpern und mache sie thätig: lumen est velut colorum forma. Die Farbenreihe giebt er so an, daſs Weiſs, Gelb, Roth, Blau, Schwarz, auf einander folgen[2]. CARTESIUS[3] erklärt die Farben aus der Bewegung der Lichttheilchen. Das mittlere seiner Elemente besteht aus Lichtkügelchen, deren directe Bewegung mit einer gewissen Geschwindigkeit wirkt[4]. Bewegen sich die Kügelchen rotirend, aber nicht geschwinder, als der geradlinige Fortgang, so entsteht die Empfindung von Gelb, eine schnellere Drehung bringt Roth, eine langsamere Blau hervor. In Rücksicht des prismatischen Farbenbildes welches er schon kannte, gelangte er, (sagt v. GÖTHE) zu der Hauptansicht, daſs eine Beschränkung nöthig sey, um diese Farben hervorzubringen. (Dieses ist nämlich in v. GÖTHE's Theorie eine Hauptansicht, von der er glaubt, daſs sie von andern nicht genug beachtet sey.) ATH. KIRCHER[5]. Daſs seine Ansichten sehr den v. Göthe'schen entsprechen, zeigen schon folgende wenige Worte: Die Farbe, als Eigenschaft dunkler Körper ist ein beschattetes Licht, des Lichtes und Schattens ächte Ausgeburt. Indeſs spricht seine Untersuchung über das Blau des Himmels dieses nicht so klar aus; man sieht nicht so eigentlich den Grund, warum die Natur, sich aufs weiseste berathend, gerade die blaue Farbe, die aus einer ungleichen Mischung von Licht und Finsterniſs bestand, gewählt habe; denn der Grund, damit wir die Himmelsräume mit Vergnügen betrachten könnten, ist

1 S. 250.

2 Opticorum Libri 6. pag. 47. 40. v. Göthe, S. 255. 264.

3 S. 277.

4 Obgleich Cartesius eine unendlich schnelle Fortpflanzung des Lichts annahm, so redet er hier doch von ungleichen Geschwindigkeiten. Dioptr. p. 42.

5 S. 279. Kircheri ars magna lucis et umbrae. Lib. I. Pars. 3. Cap. 1. 2. 3.

wenig gründlich, und da das Blau des Himmels doch auch sein Blendendes hat, nicht einmal wahr.

Marcus Marci, de la Chambre, Grimaldi und Isaac Vossius[1] neigen sich mehr zu der Ansicht hin, die wir bald als die Newton'sche vollständiger angeben werden. Der letztere sagt, dafs in dem reinen Lichte die Farben enthalten sind, dafs man dies an den Erscheinungen, die das durch eine Glaslinse in eine dunkle Kammer geworfene Licht darbietet, erkennen u. s. w. Aber er sagt freilich auch, „der Grundstoff der Farben schreibe sich von nichts anderem her, als von dem Schwefel, der jedem Körper beigemischt ist."

Funk[2] und Nuguet[3] dagegen stehen ganz auf v. Göthe's Seite. Aus Nuguet's System verdient Einiges erwähnt zu werden. Er findet im prismatischen Farbenbilde, dafs das Gelb mehr Licht und weniger Schatten enthält, als alle übrigen Farben, das Violett dagegen mehr Schatten als eine der andern. Wenn man dies so ausdrückt, die Erleuchtung sey am stärksten da, wo uns im prismatischen Bilde Gelb erscheint, am schwächsten da, wo das Violett liegt, so wird jeder darin leicht einstimmen. Nach seiner Ansicht, die sich besonders auf die farbigen Schatten stützt, sind alle Farben aus Gelb und Blau zusammengesetzt; das Grün ist eine Mischung aus beiden: das Roth ist Gelb mit Schatten gemischt; da aber Gelb und Blau selbst nur Mischungen von Licht und Schatten sind, so erhellet, dafs alle Farben diesen Ursprung haben.

3. Deutlicher als alle früheren Physiker sprach Newton seine Meinung über die Farben aus, und da der gröfste Theil dessen, was seine optischen Schriften enthalten, auf Versuche gestützt, nichts anders als reine Aussprüche der Erfahrung enthält, (wenige Umstände ausgenommen, wo er dem, was einzelne Versuche ergeben, zu grofse Allgemeinheit beilegte) so haben seine Ansichten den gröfsten Theil der Physiker für sich gewonnen.

Wenn die Sonne Gegenstände erleuchtet, so erscheinen uns diese freilich mit mannigfaltigen Farben ausgestattet; aber

---

1 S. 288. 295. 306.

2 Funccius de coloribus coeli, ein Buch, worin aber auch andere Farben als die des Himmels betrachtet werden.

3 v. Göthe. S. 331.

diese Erleuchtung scheint keine Farbe mehr als die andere zu begünstigen, und wir sind daher geneigt zu sagen, daſs wir jeden Gegenstand mit der Farbe sehen, die ihm eigenthümlich ist, und daſs das Licht der hoch über dem Horizonte stehenden Sonne farbenlos oder weiſs ist. Diese Behauptung, die sich freilich auf das immer etwas trügliche Urtheil unsers Auges gründet, stützt sich auf die Vergleichung mit dem, was wir bei anderer Erleuchtung wahrnehmen. Die Oberfläche, welche im freien Sonnenlichte weiſs erscheint, ist blau, wenn das auffallende Licht uns blau erscheint; in eben diesem blauen Lichte zeigen die Flächen, welche auch im Sonnenlichte blau erscheinen, diese Farbe erhöht, während rothe Flächen sich gleichfalls blau, aber minder schön darstellen, und so finden wir bei den Erleuchtungen, die wir eben aus dem Grunde farbig nennen, immer, daſs sie eine Farbe schöner zeigen und mehr heben, statt daſs andere entweder unscheinbar werden, oder die neue Farbe annehmen, die dieser besondern Art von Lichte angemessen ist. Die Oberflächen, die uns im Sonnenlichte im reinsten Weiſs erscheinen, thun uns bei diesen Vergleichungen vorzüglich gute Dienste, und obgleich unser Auge nur dann ein genaues Urtheil über Gleichheit oder Ungleichheit der ihm erscheinenden Erleuchtung und Farbe geben kann, wenn die zu vergleichenden Gegenstände ihm zugleich vorliegen und mit *einem* Blicke übersehen werden, so sind doch die meisten der Erscheinungen, worauf es hier ankommt, auffallend genug, um immer als wahr erkannt zu werden. — Doch diese Bemerkungen gehören nicht zu den von Newton aufgestellten Behauptungen, die sich etwa so zusammen fassen lassen.

Die Sonnenstrahlen, obgleich sie uns ein weiſses, farbenloses Licht darbieten, enthalten dennoch alle verschiedenen Farben in sich. Diese im weiſsen Sonnenstrahle enthaltenen Farbenstrahlen werden uns sichtbar, wenn durch Brechung die Richtung des Strahles eine andere wird, indem dann, wegen der ungleichen Brechbarkeit der in jenem Strahle enthaltenen Farbenstrahlen, diese nun nicht mehr unter sich parallel fortgehen, sondern sich von einander trennen. Man beobachtet nämlich, daſs der durch ein Prisma gebrochene Strahl ein Bild, aus Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett, die in dieser Ordnung auf einander folgen, zusammengesetzt, darstellt; diese Farben alle gehen also aus jenem weiſsen Strahle hervor. Sie

zeigen sich aber auch ganz als aus Zerlegung des weifsen Strahles entstanden, indem zwar jeder dieser farbigen Strahlen besondere Eigenschaften zeigt; allemal aber wieder weifses Licht hervorgeht, wenn man jene so vereinigt, dafs sie alle wieder in paralleler Richtung fortgehen, oder in dem erleuchteten Puncte zusammen treffen. Diese im weifsen Strahle enthaltenen Farbenstrahlen werden nun nicht allein bei der Brechung im Prisma getrennt, sondern auch in unzähligen andern Fällen. Nur diejenigen Körper, welche uns weifs erscheinen, werfen alle Arten Licht gleich gut zurück, und bei ihrer Erleuchtung durch die Sonne erhalten wir daher von ihnen ein eben so gemischtes Licht, wie das Sonnenlicht ist, und dieses zurückgeworfene Licht läfst sich eben so, wie der Sonnenstrahl selbst, in Farbenstrahlen von ungleicher Brechbarkeit zerlegen. Körper, die uns schwarz erscheinen, werfen gar kein Licht zurück, oder nur diejenigen können eigentlich schwarz heifsen, die gar kein Licht zurückwerfen. Farbige Körper dagegen, wenn sie uns nämlich von dem weifsen Sonnenlichte erleuchtet als farbig erscheinen, zeigen die Farbe derjenigen Strahlen, die entweder einzig oder in vorherrschendem Mafse von ihnen zurückgeworfen werden. Die von ihnen zu uns gelangenden Strahlen haben eben die Brechbarkeit, wie die ihnen gleichfarbigen Strahlen im prismatischen Sonnenbilde; indefs ist kaum irgend ein Körper, der so im strengsten Sinne nur *eine* Farbe zurückwürfe, dafs nicht einiges fremdes Licht beigemischt sey; deshalb zeigen sich im blauen Lichte zwar selbst die Körper, die wir im weifsen Lichte roth sahen, blau, aber in einem weniger lebhaften Blau, weil sie sehr wenig geschickt sind, die blauen Strahlen zurückzuwerfen.

Einen vorzüglich wichtigen Theil der Untersuchungen Newton's macht also die ungleiche Brechbarkeit der verschiedenen farbigen Strahlen aus. Vermöge dieser ungleichen Brechbarkeit wird der Sonnenstrahl, dessen Theile vor der Brechung alle parallel fortgingen, in Farbenstrahlen zerlegt, die uns darum einzeln sichtbar werden, weil jeder bei der Brechung eine von der Richtung des andern verschiedene Richtung erlangt und daher abgesondert sichtbar wird. Darauf beruht die in die Länge ausgedehnte Form des prismatischen Sonnenbildes, welches als aus einer ganzen Folge farbiger, runder Sonnenbilder zusammengesetzt anzusehen ist. Jeder der so getrennten Farben-

strahlen zeigt bei einer neuen Brechung eben dieselbe Refrangibilität, der rothe nämlich, der bei der ersten Brechung am mindesten brechbar war, am wenigsten von seinem Wege abgelenkt wurde, zeigt sich auch jetzt in eben dem Grade brechbar, statt daſs der zuerst stark gebrochene blaue Strahl auch bei der zweiten Brechung stärker gebrochen wird. Auf eben dieser Eigenschaft beruht es aber auch, daſs die Strahlen wieder zu einer unter sich parallelen Richtung gelangen, wenn man sie eine zweite Brechung durch ein dem ersten genau gleiches Prisma leiden läſst, welches so gestellt ist, daſs beide zusammen ein Parallelepipedum bilden. Die dann nach der Brechung durch beide Prismen hervorgehenden Strahlen sind wieder weiſs, da die farbigen Strahlen so gemischt zum Auge gelangen, wie es im ursprünglichen Sonnenstrahle der Fall war.

Eben diese ungleiche Brechbarkeit findet man bei den von farbigen Körpern ausgehenden Farbenstrahlen. Bringt man eine roth bemalte und eine blau bemalte Fläche neben einander und besieht sie durch das Prisma, so findet man die Richtung, in welcher die blauen Strahlen zum Auge kommen, stärker von der ursprünglichen Richtung abweichend, als es bei den rothen der Fall ist. Diese Ungleichheit der Brechbarkeit zeigt sich in den Farbenrändern, die wir durch das Prisma an allen Flächen bemerken, die gemischtes, verschiedenfarbiges Licht zurückwerfen; solche Flächen erscheinen dagegen deutlich begrenzt, frei von diesem farbigen Rande, wenn sie mit einfarbigem Lichte erleuchtet werden.

Daſs die verschiedenen Farben in ihrer Zusammensetzung, oder indem sie gemischt auf das Auge wirken, und zwar in dem Verhältnisse gemischt, wie sie im Sonnenstrahle sind, die Empfindung des Weiſs hervorbringen, läſst sich auch durch eine Mischung farbiger Stoffe in einem, jenem Verhältniſs möglichst gemäſsen Verhältnisse genommen, zeigen. Eine solche Mischung nämlich erscheint in der Sonne zwar nicht völlig weiſs, weil alle Körper, und so auch diese Farbenstoffe, eine groſse Menge Licht verschlucken; aber sie zeigt sich so weiſs, als man in Beziehung auf diesen Lichtverlust nur immer erwarten kann.

Da ich die einzelnen Erscheinungen nachher noch genauer angeben muſs und dabei der Newton'schen Ansicht gröſstentheils folgen werde, so reicht hier diese kurze Andeutung hin.

4. Newton's Gegner, unter denen die meisten kaum ver-
nen genannt zu werden, zählt v. Göthe auf. Man sieht
utlich, daſs der geistreichere Theil der Physiker auf seine
ite trat; nur Lucas[1], dessen Hauptversuch ich im Art. *Brech-*
rkeit No. 8. gründlich betrachtet zu haben glaube, setzte der
wton'schen Theorie etwas Gründliches entgegen, Mariotte[2]
kannte aufrichtig an, daſs sich manche Erscheinungen nach
wton richtig erklären lassen, und wenn er Einiges nicht
llkommen mit seiner Erfahrung übereinstimmend fand, so
dachte er wohl nicht, wie schwer es ist, jede Zumischung
mden Lichtes zu vermeiden; Rizzetti giebt (wie v. Göthe
ausdrückt) „ungeschickter Weise" zu viel von Newton's
hauptungen zu, obgleich er die Lehre von den trüben Mit-
n zum Grunde seiner Farbentheorie machte. Die spätern
ysiker erscheinen in v. Göthe's Darstellung als gläubige
chbeter dessen, was Newton gelehrt hatte; richtiger sagt
n wohl, daſs Newton's Ansicht sich bei wiederholter Be-
chtung immer mehr bewährte, und daſs Voltaire Recht
tte zu sagen, die ganze Welt werde sich endlich unterwerfen
d niemand den Triumph der Vernunft auf die Länge hindern.
astel trat zwar als Gegner auf, aber v. Göthe selbst findet
seinem Werke nur die Invectiven gegen Newton's Dar-
llung würdig, um mitgetheilt zu werden, da das Uebrige zur
rderung dieser Lehre wenig beigetragen habe. Fast eben
ses gilt von Gautier und den wenigen andern, die sich ge-
n Newton erklärten[3].

Als ein sehr bedeutender Gegner Newton's muſs zwar
Euler erwähnt werden; aber nicht dagegen, ob aus dem
eiſsen Lichte durch ungleiche Brechbarkeit die verschieden-
bigen Strahlen hervorgingen, hat Euler Zweifel erhoben,
ndern hierin ist er, der durch Newton's Autorität sich nie
t blenden lassen, völlig auf Newton's Seite. Was er *gegen*
ewton bemerkte, bedarf nur die Behauptung, daſs diese un-
eiche Brechung in verschiedenen Körpern so übereinstimmen-
n Verhältnissen folge, daſs kein Aufheben der Farben mög-
h sey, ohne die Brechung selbst aufzuheben. Newton hatte

1 v. Göthe. II. 435
2 S. 446.
3 S. 529. 543.

auf diese Meinung die Behauptung gegründet, dafs es unmöglich sey, dioptrische Fernröhre zu machen, die die Gegenstände farbenlos zeigten; und auf NEWTON's Autorität gestützt, glaubte DOLLOND zuerst EULER's Ansicht für unrichtig erklären zu dürfen. Aber sehr bald siegte die Wahrheit über NEWTON's Autorität und bekanntlich wurde DOLLOND, der allerdings zuerst durch diese Autorität geblendet war, der berühmteste Verfertiger derjenigen Fernröhre, die er vorhin für unmöglich gehalten hatte. Der ganze Streit gehört, da er nicht den Ursprung der Farbenstrahlen aus dem weifsen Strahle betrifft, nicht hierher; aber er zeigt, wie Unrecht v. GÖTHE hat, wenn er glaubt, NEWTON's grofse Autorität sey es, welche alle Physiker bewogen habe, seine Irrthümer für Wahrheit anzusehen.

Aber dieser Sieg der Newton'schen Farbenlehre ist dennoch aufs Neue zweifelhaft geworden durch den Beifall, welchen v. GÖTHE's Farbenlehre und die dieser beigefügten, hart tadelnden, Einwürfe gegen NEWTON in Deutschland gefunden haben. Diese Farbenlehre geht zwar von Phänomenen aus, die jeder mathematische Physiker nach NEWTON's Ansichten vollkommen befriedigend meint erklären zu können; aber da v. GÖTHE diese Erklärung nicht mit seinen Vorstellungen vereinigen konnte, so übersieht man leicht, wie die Ueberzeugung in v. GÖTHE entstehen mochte, NEWTON sey nur durch Eigensinn und durch absichtliches Verhehlen dessen, was sich nicht mit seiner Theorie vertrug, dazu gelangt, seiner Meinung einen Schein von Wahrheit zu geben, und seine Nachfolger hätten blofs als Vorurtheilsvolle, durch Autorität geblendete Anhänger seine Vertheidigung übernommen.

5. VON GÖTHE erzählt selbst[1] seine ersten optischen Versuche. Er betrachtete durch das Prisma die Wand eines völlig geweifsten Zimmers und erwartete die ganze weifse Wand nach verschiedenen Stufen gefärbt zu sehen[2]; er war verwundert, sie

1 Farbenlehre. II. 678.

2 Man kann sich hier der Frage nicht enthalten, wie sollte denn die Wand gefärbt seyn? — Sollte das eine Siebentel roth, das zweite orange u. s. w. seyn? — Dann müfste sich aber ja die Ausdehnung des Roth ändern, wenn die Länge der Wand sich änderte. Oder sollte die ganze Wand in bunte Streifen getheilt seyn, wo an jedes Violet sich wieder Roth anschlösse? — Aber wie breit sollte denn dieser Streifen seyn? — Es scheint, dafs v. Göthe sich eine

noch immer weifs zu sehen, so dafs nur, wo ein dunkles daran stiefs, sich eine mehr oder weniger entschiedene Farbe zeigte; es bedurfte für ihn keiner langen Ueberlegung, um zu erkennen, dafs zum Entstehen dieser Farbe eine Grenze nothwendig sey; und so sprach er durch einen Instinct sogleich aus, dafs die Newton'sche Lehre falsch sey. Die beiden sich immer einander entgegengesetzten Ränder, das Uebereinandergreifen über einen hellen Streif und das dadurch entstehende Grün, wie die Entstehung des Rothen beim Uebereinandergreifen über einen dunkeln Streif; alles entwickelte sich vor ihm nach und nach. Der Gegensatz von warmen und kalten Farben der Maler zeigte sich hier in abgesonderten blauen und gelben Rändern. Das Blaue erschien gleichsam als Schleier des Schwarzen, so wie sich das Gelbe als ein Schleier des Weifsen bewies. Das alles schlofs sich an dasjenige an, was die Kunst von Licht und Schatten lehrt u. s. w. — v. Göthe zog einen Physiker zu Rathe, der ihm sagte, alle diese Phänomene wären Newton und allen Physikern bekannt und längst erklärt; aber es gelang weder diesem, noch ist es später irgend jemand gelungen, dem berühmten Verf. der Farbenlehre klar zu machen, was man unter ungleicher Brechbarkeit verstehe, und warum man behaupte, das Violett werde stärker als das Gelb gebrochen. Die Newtonianer haben es sehr übel genommen, dafs v. Göthe sich darin nicht finden konnte; aber man hatte Unrecht, von einem grofsen Dichter, der die Farben mit dem Auge des Malers betrachtete, zu fordern, dafs er mit mathematischer Schärfe den Weg des Lichtstrahls verfolgen sollte.

„Ein entschiedenes Aperçü ist als eine inoculirte Krankheit anzusehen," sagt v. Göthe selbst, — „man wird sie nicht los!" — und so schritt also das Bestreben, Newton zu widerlegen und die neue Farbenlehre zu befestigen, fort. Die *Beiträge zur Optik* erregten wenig Aufmerksamkeit, und ich gehe daher gleich zu dem schon oft angeführten Hauptwerke: *Zur Farbenlehre,* — über, welches 1810 erschien. Ich theile den Inhalt etwas umständlich mit.

Um nicht dem Vorwurfe ausgesetzt zu seyn, als liefse ich etwas fehlen, das vielleicht zu besserer Begründung nöthig wäre,

ganz klare und präcise Beantwortung der Frage, was nach Newton denn eigentlich erfolgen müsse, nie gegeben hat.

theile ich hier auch den Inhalt des ersten Abschnittes dieses Buches mit, obgleich „die physiologischen Farben“ nicht eigentlich zu dem hier zu betrachtenden Gegenstande gehören.

„Die Retina befindet sich, je nachdem Licht oder Finsternifs auf sie wirken, in entgegengesetzten Zuständen; im ganz finstern Raume wird uns ein Mangel empfindbar, dem Auge fehlt jene reizende Berührung mit der äufsern Welt; im starken Lichte wird das Auge geblendet, es ist überspannt, statt dafs es dort in der höchsten Abspannung von Empfänglichkeit war. Bei dem, was wir Sehen heifsen, befindet sich die Netzhaut zu gleicher Zeit in verschiedenen Zuständen; die höchste, nicht blendende Helle wirkt neben dem völlig Dunkeln, und zugleich werden wir alle Mittelstufen des Helldunkeln und alle Farbenbestimmungen gewahr. Schwarz und Weifs geben, gleichzeitig betrachtet, dem Auge neben einander die Zustände, die wir als nach einander durch Licht und Finsternifs bewirkt, angeben. Beide Zustände, zu welchen das Organ durch solche Bilder bestimmt wird, bestehen auf demselben örtlich, und dauern selbst nach Entfernung der äufsern Veranlassung noch eine Weile fort. Blicken wir von dem glänzenden Gegenstande auf eine graue Fläche, so sehen wir dort ein dunkles Bild, jenem glänzenden ähnlich, und die dunkle Umgebung jenes Glänzenden scheint uns hier eine hellere; es wird also eine Umkehrung des Zustandes bewirkt, die sich gut genug so erklären läfst, dafs der Ort der Retina, wohin das dunkle Bild fiel, als ausgeruhet anzusehen ist, weshalb die mäfsig erhellte Fläche, auf welche man nachher sein Auge richtet, lebhafter auf ihn, als auf den stärker in Thätigkeit gesetzten Theil wirkt. Aus denselben Gründen erscheint, wenn man eine vor grauem Grunde stehende weifse Fläche lange angesehen hat, nach dem Wegnehmen der weifsen Fläche der graue Grund an derselben Stelle dunkler.“

Eine Erscheinung, die mehr mit dem Hauptgegenstande, der uns hier beschäftigt, zusammenhängt, ist folgende. „Man lasse im dunkeln Zimmer das durch eine runde Oeffnung einfallende Sonnenlicht auf weifses Papier fallen, sehe diesen erleuchteten Kreis lange an, schliefse die Oeffnung und sehe nach einem ganz dunkeln Theile des Zimmers: so wird man eine runde Erscheinung vor sich schweben sehen, in der die Mitte des Kreises hell, farbenlos, einigermafsen gelb, der Rand aber purpurfarbig erscheint. Es dauert einige Zeit, bis diese Purpur-

rbe von aufsen herein den ganzen Kreis zudeckt und endlich den hellen Mittelpunct völlig vertreibt. Kaum aber erscheint das ganze Rund purpurfarbig, so fängt der Rand an blau zu werden, das Blaue nimmt immer mehr den mittlern Raum ein, bis das Purpur ganz verdrängt ist; ist dann die Erscheinung ganz blau, so entsteht ein dunkler und unfarbiger Rand, der endlich das nun immer kleiner werdende Bild ganz verdrängt. Haben wir dagegen den lebhaften Lichteindruck eines erleuchteten ...ises eben so aufgenommen und sehen nun im mäfsig erleuchteten Zimmer auf einen hellgrauen Gegenstand, so schwebt ein dunkles Phänomen vor uns, das sich nach und nach von aufsen mit einem grünen Rande einfafst, dieser verbreitet sich hineinwärts über das ganze Bild, und nun entsteht ein schmutzig gelber, von aufsen immer mehr die Scheibe ausfüllender Rand, und endlich wird auch dieses von einer Unfarbe verschlungen."

„Hat man farbige Flächen lange starr angesehen, so folgt ... ein anders gefärbtes Bild, und zwar wenn man das durch ... Farbe angestrengte Auge auf weifsen Grund richtet, sieht ... Violett statt einer gelben Fläche, Blau, wenn jene orange ..., Purpur (volles schönes Roth) statt des Grünen, und so umgekehrt. Die genannten Farben fordern also wechselseitig eine andre. Das Auge verlangt dabei Totalität und schliefst in ... den Farbenkreis ab; denn in dem vom Gelb geforderten Violett liegt Roth und Blau, in dem vom Roth geforderten Grün ... Gelb und Blau u. s. f. Etwas diesem Gemäfses zeigen die ...igen Schatten. Läfst man die von zwei Lichtern geworfenen Schatten eines Gegenstandes auf eine weifse Fläche fallen, ...wirkt aber, dafs durch vorgehaltenes farbiges Glas das eine ... ein farbiges Licht auf die weifse Fläche werfe, so erscheint der von diesem Lichte erleuchtete Schatten eben so gefärbt, der andre Schatten aber zeigt die zugehörige geforderte Farbe."

„Und hier tritt nun eine wichtige Betrachtung ein[1], nämlich die Farbe selbst ist ein Schattiges (σκιερὸν) und wie sie mit ... Schatten verwandt ist, so verbindet sie sich auch gern mit ..., sie erscheint gern in ihm und durch ihn, wo sich nur der ... dazu darbietet. Das energische Licht erscheint rein weifs ... diesen Eindruck macht es auch im höchsten Grade der

[1] v. Göthe's Worte. I. S. 29.

Blendung; das schwächer wirkende Licht kann zwar auch farbenlos bleiben, aber es findet sich leicht eine Farbenerscheinung dabei ein. Die Retina kann durch ein starkes Licht so gereizt werden, dafs sie schwächere Lichter gar nicht erkennt; erkennt sie solche, so erscheinen sie farbig, und es sieht zum Beispiel ein Kerzenlicht bei Tage röthlich aus. Doch giebt es auch schwache blauliche Lichter. Wenn man nahe an eine weifse oder grauliche Wand Nachts ein Licht stellt, so wird sie von diesem Mittelpuncte aus ziemlich weit hin erleuchtet. Betrachtet man den daher entstehenden Kreis aus einiger Ferne, so erscheint uns der Rand der erleuchteten Fläche mit einem gelben, nach aufsen rothgelben, Kreise umgeben, und wir werden gewahr, dafs das geschwächte Licht uns den Eindruck des Gelben, Rothgelben, Rothen giebt."

6. Diesen Betrachtungen und Versuchen folgen nun die Untersuchungen über die physischen Farben, deren Inhalt folgender ist:

„Das höchst energische Licht, wie das der Sonne, des in Lebensluft brennenden Phosphors u. a. ist blendend und farbenlos; dieses Licht durch ein nur wenig trübes Mittel gesehen, erscheint gelb. Nimmt die Trübe eines solchen Mittels zu, oder wird seine Tiefe vermehrt, so sahen wir das Licht eine gelbrothe Farbe annehmen, die sich endlich zum Rubinrothen steigert. Wird hingegen durch ein trübes, von einem darauf fallenden Lichte erleuchtetes Mittel die Finsternifs gesehen, so erscheint uns eine blaue Farbe, welche immer heller und blässer wird, je mehr sich die Trübe des Mittels vermehrt, hingegen immer dunkler und satter, je durchsichtiger die Trübe werden mag, ja bei dem mindesten Grade der reinsten Trübe als das schönste Violett dem Auge sichtbar wird. Jenes so gemäfsigte Licht erscheint nicht blofs dem Auge gelbroth, sondern wirft auch auf die Gegenstände einen gelbrothen Schein, und der blaue Himmel macht dagegen in der Camera obscura ein blaues Bild. Hieraus erhellet, warum der Himmel und dunkle Berge blau erscheinen, und warum die Sonne am Horizonte roth erscheint."

[Gegenbemerkung. Es ist gewifs, dafs es manche trübe Mittel giebt, die uns jene Erscheinungen zeigen; aber dieses ist nicht die allgemeine Eigenschaft des Trüben, sondern die Erscheinung beruht darauf, dafs jene trüben Mittel die rothen und gelben Strahlen in gröfserer Menge durchlassen, die blauen

in gröfserer Menge zurückwerfen. Wäre es eine allgemeine Eigenschaft des Trüben, dafs es das geschwächte Licht roth zeigte, so müfste es kein Medium geben, welches das geschwächte Lioht weifs zeigte; aber ein solches Medium haben wir an den wässerigen Dämpfen, an den Wolken und feuchten Nebeln. Wenn ein dicker, nasser Herbstnebel die Erde bedeckt, und nicht eher die Sonne zu sehen erlaubt, bis sie schon hoch über dem Horizonte steht, so erscheint uns die matt durch den Nebel blikkende Sonne silberweifs, obgleich ihr Licht so geschwächt ist, dafs sie das Auge gar nicht blendet. Eben so silberweifs erscheint sie uns, wenn sie durch Wolken scheint, während sie hoch über dem Horizonte steht. Und diese Erscheinung der Sonne durch feuchte Nebel und Wolken ist um so merkwürdiger, da auch der von der Sonne beschienene Nebel und die das Sonnenlicht zurückwerfende Wolken uns völlig weifs erscheinen. Wir haben hier also ein trübes Mittel, welches alle Arten von Farbenstrahlen, die im Sonnenlichte enthalten sind, gleich gut durchläfst, so dafs ihre Mischung uns, der Schwächung ungeachtet, immer noch ein reines Weifs zeigt, und welches alle Arten von Farbenstrahlen in gleichem Mafse zurückwirft, weshalb sie uns vom Sonnenlichte beschienen, (oder indem wir [mit Göthe zu reden,] durch sie die Finsternifs sehen,) als rein weifs erscheinen.

Andre trübe Mittel, z. B. die von wässerigen Dünsten freie Luft, der Rauch u. a. haben dagegen die Eigenschaft, zwar alle Farbenstrahlen in einigem Mafse, aber doch die gelben und rothen am reichlichsten durchzulassen, und dagegen die blauen Strahlen reichlicher als irgend eine andre Art von Strahlen zurückzuwerfen. Wie sich hieraus die Abendröthe und die Farbe der Luft bei der Dämmerung erklärt, habe ich in den Art. *Abendröthe* und *Dämmerung* gezeigt, wo ich auch bemerkt habe, dafs die Abendröthe, sofern ihr Roth auch da, wo das Auge in den finstern leeren Raum gerichtet ist, beobachtet wird, sich gar nicht nach v. Göthe erklären läfst.

Aber Göthe's eigne Worte deuten auf etwas hin, das, mehr ins Klare gesetzt, zu dieser eben entwickelten Ansicht führt. Wenn man die Finsternifs durch das trübe Mittel sieht, so fordert v. Göthe mit Recht, dafs dieses Mittel von einem darauf fallenden Lichte erleuchtet seyn soll. Erleuchtet aber zeigt sich uns ein Gegenstand nur dann, wenn er Licht zurückwirft,

und v. Göthe gesteht also selbst, daſs es hier das erleuchtete trübe Mittel ist, welche uns durch zurückgeworfene Strahlen sichtbar wird. Es fehlt also nichts, als daſs wir hinzufügen, daſs es durch zurückgeworfene *blaue* Lichtstrahlen uns als *blau* sichtbar wird.

Das hier Gesagte findet nun auch auf andere trübe Mittel z. B. weiſses Glas, (Knochenglas) Anwendung. Dieses Glas wirft zwar viele Lichtstrahlen aller Art zurück, und erscheint uns deshalb als weiſs; aber es erscheint uns als blaulich weiſs, weil ein Uebermaſs blauer Strahlen zurückgeworfen wird. Wegen der sehr vielen zurückgeworfenen Strahlen ist das durchgelassene Licht überhaupt sehr schwach, und da die wenigen durchgehenden Strahlen ihr Blau gänzlich verloren haben, so muſs jeder durch dieses Glas gesehene leuchtende Körper uns sehr rothgelb erscheinen, und es bliebe allenfalls nur noch die Frage übrig, ob nicht das Roth, welches uns durch dieses Glas gesehen die Sonne zeigt, nicht noch weniger Gelb enthält, als es nach dem Verluste der blauen Strahlen billig enthalten sollte.

Eine andere Betrachtung scheint mir ebenfalls anzudeuten, daſs das Blau nicht bloſs eine getrübte Finsterniſs ist. Es giebt nämlich Sterne mit blauem, ja nach Herschel, auch mit grünem und mit violettem Lichte. Haben die röthlichen Sterne ihr rothes Licht daher, weil es durch trübe Mittel zu uns kömmt, woher haben dann jene ihr blaues Licht? — Diese Frage scheint doch nur in dem Bekenntniſs, es gebe ein an sich rothes, es gebe ein an sich blaues Licht, ihre Beantwortung zu finden[1].]

v. Göthe bemerkt ferner: „Die blaue Erscheinung an dem untern Theile des Kerzenlichtes gehört auch hieher. Man sieht diese blaue Farbe nur vor einem dunkeln Hintergrunde, und wird nichts Blaues gewahr, wenn man die Flamme vor weiſsem Grunde sieht. Es ist also der untere Theil der Flamme und so auch die Weingeistflamme als ein feiner Dunst anzusehen, der vor der dunkeln Fläche sichtbar wird.“

[Gegenbemerkung. Die Weingeistflamme besitzt ein eigenthümlich blaues Licht. Woher käme es sonst, daſs da, wo im Dunkel die Erleuchtung allein von Weingeistflammen ausgeht,

1 Vergl. hiermit die Beob. in Tilloch und Taylers philos. Magaz. and Journal 1824. 208. 317.

alle Körper sich auf die bekannte auffallende Weise zeigen, ganz dem gemäfs, was eine Lichtmischung, in welcher Blau vorherrscht, bewirken mufs. Aber auch der von v. Göthe angeführte Versuch braucht nur etwas vollkommener angestellt zu werden, um ein Zeugnifs gegen ihn abzulegen. Es ist wahr, dafs eine Weingeistflamme von 1 Zoll Durchmesser sich nicht als Blau zeigt, wenn man sie vor einem sehr hellen Hintergrunde sieht; aber man begiefse auf einer Metallplatte einen schmalen, 12 Zoll langen Raum mit Weingeist, stelle am Tage ein vom blofsen Tageslichte erleuchtetes weifses Papier so auf, dafs das Auge über die ganze Länge jenes Streifes nach dem Papier hinsieht: dann sieht man, nachdem der Weingeist angezündet ist, das Papier allerdings blau, oder sieht es von einer blauen Flamme verdeckt. Ist das weifse Papier von der Sonne selbst erleuchtet, so sieht man wieder kein Blau; aber es erhellet nun leicht, dafs man nur eine 50 oder 100 Zoll lange Flamme anwenden dürfte, um auch hier das, in Vergleichung gegen den blendenden weifsen Glanz allzu schwache, blaue Licht gewahr zu werden.]

„Der Grund des Meeres erscheint den Tauchern purpurfarben, (tief roth), wobei das Meerwasser als trübes, tiefes Mittel wirkt."

[Gegenbemerkung. Da das Meer an der Oberfläche grün erscheint, so erhellet, dafs das Meerwasser aufser den blauen Strahlen auch die grünen und viele gelbe zurückwirft; es bleiben also bei dieser Zerlegung in zurückgeworfenes und durchgelassenes Licht nur die tief rothen und vielleicht die orange und einige gelbe Strahlen übrig, welche durchgelassen werden und die Sonne dort unten als tief roth zeigen müssen. Es wäre zu wünschen, dafs ein Göthianer sich einmal in der Taucherglocke auf den Boden des Meeres begäbe und dort das prismatische Sonnenbild beobachtete: er würde ganz gewifs einen sehr schwachen, grünen, blauen, violetten Farbenrand sehen, das viel weniger lang ausgedehnte Farbenbild aber blofs tief roth mit einem nicht sehr leuchtenden orangefarbenem und gelben Rande erblicken, und so aus der Tiefe des Meeres die Ueberzeugung, dafs Newton's Theorie die richtige ist, mitbringen.]

v. Göthe glaubt in dem Bisherigen die Urphänomene, aus denen sich nun die Erklärung aller einzelnen Erscheinungen er-

gebe, dargestellt zu haben[1], und ich glaube daher die Darstellung hier abbrechen zu dürfen, indem ich mir vorbehalte, seine Ansichten über einzelne Erscheinungen nach und nach am gehörigen Orte zu erwähnen.

Von den zahlreichen Anhängern von Göthe's sage ich hier nichts, da sie schwerlich etwas anführen können, wodurch sie diese Lehre gründlicher befestigt hätten, einige Invectiven gegen Newton und die Newtonianer abgerechnet[2].

7. Die bisherigen Erörterungen betrafen nur die nächste Ursache der Farben-Entstehung. Wenn wir aber auch, wie der gröfste Theil der Physiker, diese darin finden, dafs die Lichtstrahlen alle Arten von Farbenstrahlen in sich enthalten, und dafs bei der Brechung diese getrennt und bei dem Auffallen auf Körper nur gewisse Strahlen zurückgeworfen werden, so drängt sich uns doch noch die weitere Untersuchung auf, worin denn nun im Wesen der Lichtstrahlen der Unterschied bestehe, der die Empfindung der Farbenverschiedenheit hervorbringt. Man hat mit Recht gesagt, die ungleiche Brechbarkeit sey doch nur eine Eigenschaft der Farbenstrahlen und nicht das Wesen der Farbe selbst.

Diese Frage scheint sich mit unsern jetzigen Kenntnissen noch gar nicht beantworten zu lassen, und, das Wenige, was man darüber zu sagen im Stande ist, kömmt ungefähr auf Folgendes zurück.

Nach der *Emanationstheorie*, welche Lichttheilchen annimmt, die von den Körpern ausgehen, müssen wir eine Verschiedenheit in der Natur dieser Lichttheilchen selbst zugestehen. Die Theilchen, welche den violetten Strahl bilden, müssen eine stärkere Verwandtschaft zu den Körpern haben, und mehr von ihnen angezogen werden; dadurch wird denn allerdings eine stärkere Brechung hervorgebracht. Diese Verwandtschaft der einzelnen Arten von Lichttheilchen ist bei jedem Körper anders, und obgleich die violetten Strahlen allemal mehr als die übrigen angezogen werden, so ist doch der Grad der Verschiedenheit der Anziehung für violette, grüne, rothe Strahlen, keinesweges bei allen Körpern gleich. — Die ungleiche Zer-

1 S. 67.

2 Selbst was der verdienstvolle Seebeck in Schweigg. Journal. I. 4. als Farbentheorie mittheilt, ist wenig belehrend.

streuung der Farben nöthiget uns, eine solche Verschiedenheit zuzugestehen.

Die in der Folge anzuführenden chemischen Wirkungen der Farbenstrahlen[1] stimmen mit der Behauptung, daſs die violetten Strahlen mehr von den Körpern angezogen werden, überein; denn diese sind es, welche die gröſsten chemischen Wirkungen hervorbringen. Was aber der Grund sey, warum verschiedene Körper die eine oder andere Art von Lichtstrahlen in gröſserer Menge zurückwerfen? — Worin die ungleiche Einwirkung auf unser Auge bestehe? — Diese und viele andere Fragen können wir noch nicht mit Gewiſsheit beantworten, da Newton's Ansicht, es hänge dieses von der Gröſse der Theilchen ab, doch nur hypothetisch ist.

Auch die Vertheidiger der *Undulationstheorie* sehen die ungleiche Brechbarkeit der Farbenstrahlen als einen Hauptumstand an, dessen Ursache nachgewiesen werden muſs. Da nach dieser Ansicht die Brechung auf einer verminderten Geschwindigkeit der Lichtwellen in dem dichtern Körper beruht, so müſste die Geschwindigkeit der violetten Strahlen am meisten vermindert werden. Dieses anzunehmen, hält Euler nicht der Natur der Sache angemessen, sondern glaubt, man müsse die Einwirkung der folgenden Lichtwellen auf die vorhergehenden in Betrachtung ziehen, und erhalte die Brechung da am stärksten, wo die Wellen am wenigsten häufig auf einander folgen, also die gröſsten Zwischenräume lassen. Hiernach hinge also die Empfindung der Farbe von der ungleichen Zahl der in gleicher Zeit das Auge treffenden Lichtwellen ab, und die rothe Farbe erschiene uns da, wo die zahlreichsten, in den kürzesten Zeiträumen einander folgenden Lichtwellen das Auge treffen; die violetten Strahlen entsprächen den breitesten Wellen. Diese ungleichen Wellen müſsten also durch entsprechende Ungleichheiten in den Vibrationen des leuchtenden Körpers zuerst erregt werden, und fänden dadurch in den von ihnen ausgehenden Lichtstrahlen statt. Wenn diese Strahlen die Oberfläche der uns sichtbaren Körper berühren, so entsteht eine kleine Zusammendrückung der Theilchen, und nun theilt sich, bei durchsichtigen Körpern, diese den benachbarten Theilchen so mit, daſs die Lichtwellen durch den Körper ihren Fortgang finden;

---

1 S. unten No. 18.

bei undurchsichtigen dagegen wird dem umgebenden Aether durch diese getroffenen Theilchen eine neue vibrirende Bewegung eingedrückt, nach deren Verschiedenheit die uns erscheinende Farbe der Körper ungleich ist, die Farbe eines Körpers hängt also hiernach von der Elasticität ihrer kleinsten Theilchen und der Einwirkung ab, die sie auf den Aether äufsern[1]. Im Art. *Licht* wird die ganze Theorie noch näher betrachtet werden.

Das prismatische Farbenbild.

8. Wenn man durch eine kleine Oeffnung die Sonnenstrahlen in ein finsteres Zimmer fallen läfst, so bildet sich auf einer dem Lichtstrahle senkrecht gegenüber gestellten Ebene ein rundes Sonnenbild ohne Farben. Fängt man das Sonnenbild auf einer weifsen Ebene auf, so erscheint es weifs. Aber wenn man in diesen Sonnenstrahlen ein Prisma aufstellt, so dafs die Richtung der einfallenden Strahlen in einer gegen die Kanten des Prismas senkrecht gelegten Ebene des Querschnitts des Prismas liegt, so zeigen die so im Prisma gebrochenen Sonnenstrahlen ein farbiges Sonnenbild. Das sonst runde Sonnenbild erscheint in die Länge ausgedehnt, und ist am einen Ende roth, am andern violett gefärbt. Die Strahlen werden im Prisma gebrochen und jenes Farbenbild zeigt sich ganz, so wie es erscheinen müfste, wenn Strahlen von verschiedener Farbe, deren jeder eine etwas andere Brechbarkeit hätten, zugleich von der Sonne ausgingen. Wir wollen uns, als Hypothese einmal denken, die Sonne sende uns im einem Augenblick rothe, im andern grüne, im dritten violette Strahlen zu, und jede Art von Farbenstrahlen habe eine bestimmte Brechbarkeit, die aber bei den rothen Strahlen geringer als bei den grünen, bei den grünen geringer als bei den violetten sey: so würde sich uns das durch das Prisma dargestellte Sonnenbild nicht allein bald roth, bald grün, bald violett zeigen, sondern sich auch bald in Ff, Fig. 13. bald in Hh, bald in Gg darstellen. Es würde nämlich der vom obern Sonnenrande der rothen Sonne kommende Strahl ABC nach CDF gebrochen, der vom untern Rande der rothen Sonne kommende Strahl aBc nach cdf gebrochen werden und so würde sich offenbar in Ff ein rothes Sonnenbild darstellen. Die

1 Euleri opuscula Tom. I. p. 169.

grüne Sonne würde ihre Strahlen eben so durch die Oeffnung B senden, aber da wir annehmen, die grünen Strahlen würden mehr gebrochen, so würde das durchs Prisma hervorgebrachte grüne Bild mehr von dem Orte K, wohin das ungebrochene Sonnenbild fiel, entfernt etwa in H h liegen; das Bild der violetten Sonne, noch weiter entfernt, nach G g fallen, und je nachdem bald die rothe, bald die grüne, bald die violette Sonne schiene, hätten wir diese ungleich gefärbten Sonnenbilder nach der Brechung auch in einer verschiedenen Lage.

Sendet die Sonne alle diese verschiedenfarbigen Strahlen zugleich aus, und sind der Farben noch mehrere, so müssen diese einzelnen Farbenbilder einander bedecken, und vereinigt ein langes Farbenbild F g darstellen, in welchem das am wenigsten brechbare Roth am einen Ende, das am meisten brechbare Violett am andern Ende am lebhaftesten hervortreten, in der Mitte aber ein Uebergang von einem Farbenbilde zum andern statt finden wird. Wir könnten aber jene Farbenbilder einzeln dargestellt erhalten, wenn wir in L verschiedene gefärbte Mittel aufstellten; wovon das eine nur die rothen, das andere nur die violetten Lichtstrahlen und so weiter, durchließsen, und da[1] v. Münchow den Versuch angestellt und wirklich solche getrennte Farbenbilder erhalten hat, so haben wir alles Recht zu behaupten, jene bloſs hypothetisch angenommene Voraussetzung zeige sich der Erfahrung so gemäſs, daſs wir uns zu dem Satze,

---

1 Astron. Zeitschr. von v. Lindenau und v. Bohnenberger II. 455. Die frühern Versuche von Hassenfratz (Ann. de Chimie LXVI. 314. LXVII. 5.) scheinen nicht so bekannt geworden zu seyn, als sie verdienten. Ich selbst habe diese Versuche so wiederholt, daſs ich bei L eine Röhre mit gefärbten Flüssigkeiten aufstellte. Der Lichtstrahl ging durch diese mit der Axe der Röhre parallel, und traf die beiden parallelen Glasplatten, welche die Grundflächen dieses Cylinders bildeten, senkrecht. Indem er so zu dem Prisma gelangte und auf die gewöhnliche Weise gebrochen wurde, stellte sich im recht finstern Zimmer das zwar geschwächte, aber doch deutliche Sonnenbild so dar, daſs, wenn die Flüssigkeit verdünnte Lakmustinctur war, das tief rothe Bild rund und mit Dunkel von allen Seiten umgeben erschien; etwas davon abstehend zeigte sich ein verlängertes blaues und violettes Bild; die orangenfarbenen und gelben Strahlen aber waren ganz unterdrückt, so daſs an der Stelle des Farbenbildes die sonst die hellste ist, gar nichts zu sehen war; vom Grün zeigte sich kaum ein matter Ueberrest an dem blauen und violetten Bilde.

die Sonne sende uns wirklich solche verschiedenfarbige Strahlen zu, hingeleitet finden[1].

Diese einzelnen farbigen, runden Sonnenbilder deutlich zu sehen, hat HERSCHEL noch ein anderes Mittel angegeben[2]. Wenn man das durch das Prisma auf die gewöhnliche Weise dargestellte, auf weifsem Papier aufgefangene Sonnenbild durch ein rothes Purpurglas, woran noch ein ziemlich rein rothes Glas gelegt ist, besieht, so erscheint jenes Farbenbild völlig kreisförmig, wohlbegrenzt und tief roth. Das aus jenen zwei Glasarten zusammengesetzte Glas läfst nämlich nur die am allerwenigsten brechbaren rothen und keine anderen Strahlen durch, und für das Auge, welches durch dieses Glas sieht, ist es eben so gut als ob die übrigen gar nicht da wären; dieses Auge erkennt also das rein rothe Sonnenbild und sieht es rund, so wie es sich bei Strahlen von gleicher Brechbarkeit immer zeigen muſs.

Wir sind also wohl berechtigt zu sagen, die Farbenstrahlen entstehen aus den weifsen Sonnenstrahlen wirklich so, dafs wir diese weifsen Strahlen als aus jenen gemischt ansehen dürfen. Das in die Länge ausgedehnte Sonnenbild besteht aus einer Reihe runder Farbenbilder, die wegen ihrer ungleichen Brechbarkeit jedes auf einen andern Platz fallen, aber, nahe an einander gereiht, sich einander bedecken und daher alle Uebergänge von einer Farbe in die andere darstellen. Die sich hier zeigenden Farben sind ein *tiefes Roth* an dem Ende des Farbenbildes, wo die am wenigsten gebrochenen Strahlen hinfallen; *Orange* schliefst sich daran an und bildet den Uebergang zum Gelb; an das *Gelb* schliefst sich *Grün* und dann ein lebhaftes *Blau*, das weiterhin dunkler wird und endlich in Violett übergeht. *Violett* ist die am meisten gebrochene Farbe.

Fig. 14.

Aber nicht bloſs entstehen diese Farbenstrahlen aus dem

1 Diese völlig von einander getrennten Bilder sind also keine Mährchen, wie GÖTHE II. 504. meint.

2 Philos. Transact. of the Edinb. Soc. IX. 445. Auch diesen Versuch findet man bestätigt, wenn man das Sonnenbild wie gewöhnlich auffängt; es dann aber durch jene mit Lakmustinctur gefüllte Röhre besieht; auch da erscheint das rothe Bild ganz rein und rund. Dieser Versuch gelingt selbst, wenn die Verfinsterung des Zimmers nicht sehr sorgfältig zu Stande gebracht ist, statt dafs der in der vorigen Anmerkung erwähnte, ein recht gut verfinstertes Zimmer fordert.

weiſsen Strahle, sondern ihre Mischung bildet auch wieder weiſs, und aus diesem Grunde zeigt sich auch unter gewissen Umständen ein Theil des durch ein Prisma hervorgebrachten Sonnenbildes weiſs. Wenn nämlich AC der vom obern Sonnenrande, ac der vom untern ausgehende, durch die Oeffnung B einfallende Strahl ist, so hat man bei g den rein violetten, bei F den rein rothen Rand des auf einer weiſsen Tafel NM aufgefangenen Sonnenbildes. Fiele bloſs ein einziger, aus allen Farben gemischter Strahl ac ein, so würde dessen grüner Theil nach h, sein rother Theil nach f gelangen; aber ganz gewiſs gelangt auch zu dem zwischen C und c liegenden Puncte u ein Lichtstrahl von einem etwas vom untern Sonnenrande entfernten Puncte, der seinen violetten Theil nach h wirft und also dort das *Grün* mit *Violett* mischt, und eben so gelangt nach einem andern Puncte v ein Sonnenstrahl, der sein *Violett* nach f wirft, wo es mit dem *Roth* des in c auffallenden Strahles und mit dem *Grün* des in u auffallenden Strahles gemischt wird; wegen dieser Mischung aller Arten von Farbenstrahlen sieht unser Auge die Fläche in f weiſs, weil eine Erleuchtung durch alle Arten von Farbenstrahlen im bestimmten Verhältniſs uns die Empfindung des Weiſsen giebt. Eben diese Betrachtungen finden bei allen gegen die Mitte des auf NM aufgefangenen Sonnenbildes statt. Nur gegen die Grenze g hin treten *Blau* und *Violett*, gegen die Grenze F hin *Orange* und *Roth* als Farbenränder hervor, während in der Mitte das Sonnenbild weiſs ist. Entfernt man die Tafel MN weiter vom Prisma, so wird, wie die Figur zeigt, das Farbenbild eines nicht gröſser, als die Sonne, erscheinenden Gegenstandes immer deutlicher hervortreten. In F′g′ z. B. mischt sich, wenn der gezeichnete mittlere Strahl den grünen bedeutet, in den ganzen Theil F′f′ noch gar kein grünes oder blaues Licht, und an dem Roth wird sich deutlicher als in MN das Orange und Gelb zeigen; eben so wird von g′ bis G′ das Violett und Blau durch mindere Mischung mit Grün oder Gelb, reiner erscheinen; zwischen G′ und H′ sind Violett und Blau mit etwas Grün, zwischen f′ und H′ sind Roth, Gelb mit Grün gemischt; aber zwischen f′ und G′ tritt ein Grün hervor, das nur mit Blau von der einen Seite, mit Gelb von der andern Seite gemischt, aber von Violett und Roth ganz frei ist.

Fig. 13.

9. Um zu sehen, wie diese Lage der einzelnen Farbenbil-

der genau bestimmbar ist, will ich die Richtung der durch den Mittelpunct der Oeffnung B gehenden Strahlen nach der Brechung berechnen.

Es sey ACX $= \varphi$, ABa $= \alpha$, aoX $= \varphi + \alpha$; die Entfernung BC $=$ a, so ist Co $= \frac{a . \text{Sin.} \alpha}{\text{Sin.} (\varphi + \alpha)}$ zugleich bekannt. Das Verhältniſs der Sinus bei der Brechung sey wie $1 : \frac{m}{n}$, und

CY $=$ b, so ist Cos. DCY $= \frac{m}{n}$ Cos. φ,

und DY $= \frac{b . \text{Sin. DCY}}{\text{Sin. (DCY + CYD)}}$, woraus dann auch FDY leicht gefunden wird.

Um ein wirkliches Beispiel zu berechnen, sey Bu $=$ 4 Zoll uY $=$ 1 Zoll, der Winkel Y $=$ 60 Grade. Ich will annehmen, das Prisma sey so gestellt, daſs der in Bu enthaltene grüne Strahl im Innern des Prismas die Winkel duY $=$ udY $=$ 60° bilde. Ich will Bu als vom Mittelpuncte der Sonne herkommend annehmen, so daſs der vom untern Sonnenrande herkommende Sonnenstrahl ac mit ihm einen Winkel uBc $=$ 16 Minuten macht. Die Brechungsverhältnisse nehme ich so an, wie sie nach Fraunhofer[1] mitgetheilt sind, für Roth $=$ 1,63074, Grün $=$ 1,64349, Violett $=$ 1,65203. Dann ist erstlich für den grünen vom Mittelpuncte der Sonne ausgehende Strahl

duY $=$ 60°; XuB $=$ 34° 44′ 23″ $= \varphi$,
udY $=$ 60°; ZdW $=$ 34° 44′ 23″

Für den grünen, vom untern Rande ausgehenden Strahl ist

Xca $=$ 35° 0′ 23″
d′cY $=$ 60° 6′ 26″
Yd′c $=$ 59° 53′ 34″
Zd′h′ $=$ 34° 28′ 16″.

Die beiden grünen Strahlen divergiren fast ganz genau eben so, wie sie es vor der Brechung thaten. Es läſst sich leicht übersehen, daſs dieses auch auf einen dritten grünen Strahl anwendbar sey, der vom obern Sonnenrande ausginge. Hierauf gründet sich die fast ganz genaue Kreisform eines reinen einfarbigen Bildes.

1 S. Art. *Brechbarkeit;* am Ende.

Zweitens. Aber nun enthält der Strahl Bu, für welchen ›r Winkel BuX = 34°. 44′. 23″ ist, auch violettes Licht, elches, stärker gebrochen, ein wenig von der Richtung des ünen Strahls abweicht; für dieses ist

Yud = 60° 10′ 14″
Ydu = 59° 49′ 46″
ZdW = 33° 52′ 26″

Dieser violette Strahl macht also mit dem vorhin mit ihm ›rbundenen grünen Strahle einen Winkel von 52 Minuten; ›er auch mit dem vom untern Sonnenrande herkommenden ünen Strahle einen Winkel von 36 Minuten, so daſs er diesen tztern irgend wo schneiden wird.

Ich will noch die Berechnung für einen vom obern Sonnrande herkommenden violetten Strahl hinzufügen, für welen der Winkel

BCX = 34° 28′ 23″ würde, also
eCY = 60° 3′ 54″
YeC = 59° 56′ 6″
ZeG = 34° 8′ 30″

Der vom obern Rande kommende violette Strahl schneidet ›o den aus der Mitte der Sonne kommenden grünen Strahl un- einen Winkel von 36 Minuten.

Drittens. Der vom untern Sonnenrande ausgehende Sonnstrahl enthält zwar auch einen violetten Antheil; aber ich ll hier nur den rothen betrachten, weil dieser sich zu einer ›rmischung mit dem Strahle CDH hin neigt. Für diesen einllenden Strahl ac war acX = 35° 0′ 23″

und es ist also Ycd = 59 50 56
Ydc = 60 9 4
Zdf = 35 44 36

daſs der rothe Strahl mit dem ihm vorhin verbundenen grün einen Winkel von 76 Minuten und selbst mit dem von der itte der Sonne kommendem grünen Strahle einen Winkel von Minuten macht.

Um nun zu sehen, wie die Farbenmischung in einiger Entmung vom Prisma seyn wird, sey Yu = 1, uB = 4. Da CB = 34° 44′ 23″ und CBu = 0° 16′ war, so ist
c {= 0,03245; Yc = 1,03245 für den vom untern Rande
C {= 0,03289; YC = 0,96710 für den vom obern Rande ›mmenden Strahl. dY für den grünen Strahl = 1; dagegen Ye für

den violetten vom obern Sonnenrande herkommenden Strahl = 0,96838. Y d für den rothen vom untern Sonnenrande herkommenden Strahl = 1,02927. Zwischen dem grünen aus dem Mittelpuncte der Sonne kommenden Strahle und dem violetten vom obern Rande kommenden ist also auf der Hinterfläche des Prismas ein Abstand 0,03162; und von eben jenem grünen bis zu dem rothen, vom untern Rande kommenden, ein Abstand = 0,02927. Daraus ergiebt sich leicht, dafs jener violette mit dem grünen aus dem Mittelpuncte in der Entfernung = 1,70, dieser rothe mit dem grünen aus dem Mittelpuncte in der Entfernung = 0,98 sich durchschneidet.

Bis zu der Entfernung = 1 kommen also für die hier vorausgesetzten Abmessungen in der Mitte des Bildes noch Strahlen von allen Farben vor, die hier dem Lichtstrahle dargebotene weifse Fläche wird also noch von allen Farben erleuchtet und erscheint daher, da wo die grünen Strahlen aus der Mitte der Sonne hinfallen, weifs. In gröfserer Entfernung findet eine so aus allen Farben zusammengesetzte Mischung der Strahlen nicht mehr statt, aber immer wird noch das grüne Sonnenbild an seiner einen Seite durch blaue, an seiner andern Seite durch gelbe Strahlen etwas von seiner Reinheit verlieren.

Es sey in einer Entfernung Y S = a eine Ebene S T unter dem Winkel von 55° 16′ = Y S T gegen die Seite des Prismas geneigt gelegt, so fängt diese die gebrochenen Strahlen ziemlich senkrecht auf, und auf ihr ist der Abstand der einzelnen Strahlen von S durch folgende Zahlen ausgedrückt:

Es sey für den aus der Mitte der Sonne kommenden grünen Strahl d S = 20 in Vergleichung gegen Y u = 1, u B = 4; so ist der von S an gerechnete Abstand bis zu dem Puncte, wo

1. der grüne Strahl aus der Mitte der Sonne eintrifft = 11,397.

2. Wo der grüne Strahl vom obern Rande eintrifft = 11,492.

3. Wo der grüne Strahl vom untern Rande der Sonne eintrifft = 11,302.

4. Wo der violette Strahl vom obern Rande eintrifft = 11,244.

5. Wo der rothe Strahl vom untern Rande eintrifft = 11,684.

6. Wo der violette Strahl vom untern Rande eintrifft = 11,053.

7. Wo der rothe Strahl vom obern Rande eintrifft
: 11.873.

Die Breite des Farbenbildes an dieser Stelle wäre also dem
urchmesser des grünen Sonnenbildes gleich = 0,19. Die
nze Länge = 11,873 — 11,053

= 0,82, viermal so groſs, und man hätte von der

itte des Grün	bis Ende des Grün	0,095
	bis zum nächsten Violett	0,153
	bis zum entferntesten Violett	0,344.
	bis zum nächsten Roth	0,287
	bis zum entferntesten Roth	0,476.

Das Grün nimmt, wie auch aus FRAUNHOFER's Angaben
mittelbar erhellet, nicht die Mitte des Farbenbildes ein, Fig.
id die Lage der drei berechneten Bilder würde so seyn, wie 15.
e Zeichnung sie angiebt. Diese Bestimmungen bedürfen noch
ner Verbesserung, weil die Oeffnung B, wodurch das Licht
ngelassen wird, doch nicht ein mathematischer Punct seyn
nn. Wegen dieses Umstandes ist auch dasjenige Sonnenbild,
s wir ungebrochen auf einer weiſsen Tafel auffangen, mit ei-
m Halbschatten umgeben und aus demselben Grunde erscheint
s Farbenbild nicht so scharf begrenzt, als es bei einem durch
e äuſserst enge Oeffnung eindringenden Lichtstrahle der Fall
yn sollte. Diesem Umstande wird abgeholfen, wenn man ein
nvexes Glas vor die Oeffnung stellt; dadurch nämlich wird
wirkt, daſs die von einem einzigen Puncte der Sonne ausge-
nden Strahlen, obgleich sie durch verschiedene Puncte der
effnung gehen, in einem einzigen Puncte vereinigt werden,
id wenn sie nicht durch das Prisma gingen und an dem rich-
gen Orte aufgefangen würden, ein ganz reines Sonnenbild,
ne Halbschatten und unabhängig von der Gröſse der Oeffnung,
rstellen würden. Die vorigen Betrachtungen aber zeigen wohl,
ſs auch die Brechung im Prisma das runde Sonnenbild rund
ben würde, wenn das Sonnenlicht nur eine Farbe, nur Strah-
n von gleicher Brechbarkeit enthielte, und es läſst sich daher
icht der Beweis führen, daſs das reine Sonnenbild nun auch
n von Halbschatten freies rothes Bild nach der Brechung durch
s Prisma geben würde, wenn die Sonne uns nur rothe Strah-
n zusendete, und, kurz, daſs wir das prismatische Bild ganz
, wie es einer sehr kleinen Oeffnung entspräche, sehen wer-
n, wenn wir uns des Convexglases bedienen, und das Bild

an dem der Sammlung der Strahlen entsprechenden Puncte hinter dem Prisma auffangen[1].

10. Die eben geführte Berechnung zeigt, dafs der Durchmesser jedes Sonnenbildes von der Gröfse ihres scheinbaren Durchmessers abhängt; die Entfernung der Mittelpuncte des rothen und violetten Bildes aber durch die ungleiche Brechung dieser verschiedenfarbigen Strahlen bestimmt wird. Es werden daher die in Fig. 14. dargestellten Sonnenbilder weniger in einander greifen, die Farben werden reiner von einander getrennt erscheinen, wenn man ein Bild von kleinerem Halbmesser sich verschafft.

Fig. 16. Es sey B eine Oeffnung von einer Linie Durchmesser, durch welche die Sonnenstrahlen einfallen; man stellte dem durch sie einfallenden Sonnenstrahle in 40 Zoll = 480 Lin. Entfernung eine andere kleine Oeffnung C gegenüber, so kann nicht mehr die ganze Sonne ihre Strahlen auf C werfen, sondern der Sehewinkel, unter welchem von C aus die Oeffnung B erscheint, wird nur etwas über 7 Minuten betragen, und bei der vorigen Stellung des Prismas gegen die Oeffnung C würde das Sonnenbild nun wie in Fig. 17. erscheinen, wo ef das rothe, cd das grüne, ab das violette Bild darstellt, die also weit besser unvermischt erscheinen. (Fig. 17.)

Erst wenn man die Strahlen so von einander getrennt hat, kann man genaue Versuche über das homogene einfarbige Licht anstellen, z. B. die bestimmte Brechbarkeit jedes einzelnen Farbenstrahls angeben; und selbst dann können die Versuche nur da glücken, wo alles fremde Licht ausgeschlossen ist.

11. Dafs man durch die Mischung aller Strahlen wieder Weifs erhält, läfst sich aus dem Vorigen übersehen, indefs ist folgender Versuch Newton's zu wichtig, um hier übergangen zu werden[2]. Man lasse das durch das Prisma in Farbenstrahlen zerlegte Licht auf ein hinlänglich grofses convexes Linsenglas fallen, damit dieses divergirende Licht in einer gewissen Entfernung hinter dem Glase in ein Bild gesammelt werde. Hält man dann ein weifses Papier zwischen dem Glase und dem Puncte, wo das Bild sich deutlich zeigt, so sieht man noch die

1 Newtoni Optice p. 55.
2 Ibid. p. 112.

einzelnen Farben, nähert man es dem Vereinigungspuncte, so rücken die Farben näher an einander, und im Vereinigungspuncte sind sie völlig vermischt und zeigen ein ganz reines Weiſs, ein rundes, weiſses Sonnenbild. Jenseits des Vereinigungspunctes trennen sich die Farbenstrahlen wieder und erscheinen in umgekehrter Ordnung, so daſs das vorhin am untern Rande erscheinende Roth nun am obern Rande liegt u. s. w.

Wenn man das weiſse Papier in jenem Vereinigungspuncte aufstellt; aber einige Farbenstrahlen hindert, auf das Glas zu fallen, so erhält man nicht mehr ein weiſses Sonnenbild, sondern ein so gefärbtes Bild, wie es die Mischung der noch übrigen Farben fordert, nämlich orangefarben, wenn man die violetten, grünen und blauen Strahlen ausschlieſst, und so in allen andern Fällen.

12. Diese Behauptungen sind es, gegen welche v. Göthe mit einer auffallenden Bitterkeit in seiner Farbenlehre kämpft. Die dortigen Einwürfe einzeln zu beleuchten, ist aber unnöthig, da die Newton'sche Theorie sich durch ihre Anwendung überall rechtfertigt und nur da, wo die Thätigkeit unsers Auges einwirkt, Einiges übrig bleibt, wovon sich nicht genau Rechenschaft geben läſst.

Man hat seit langer Zeit denen, die das Copernicanische Weltsystem und die Newton'schen Attractionsgesetze nicht als richtig anerkennen wollen, nichts anders entgegen zu setzen nöthig gefunden, als daſs alle Erscheinungen am Himmel sich nach diesem Systeme und nach diesen Attractionsgesetzen voraus berechnen lassen, und daſs man nur denen Gehör zu geben brauche, die entweder in diesen Rechnungen Fehler und in ihren Resultaten Abweichungen von der Erfahrung nachweisen, oder eine neue Theorie, eben so geeignet zur pünctlichen Vorausberechnung, und eben so vollkommen mit den Erscheinungen zusammenstimmend aufstellen. Eben so, glaube ich, kann man sagen: da die Lehre, daſs die verschiedenfarbigen Lichtstrahlen aus dem weiſsen Lichtstrahle entstehen und ungleiche Brechbarkeit besitzen, zur Berechnung der Fernröhre mit so entschiedenem Glücke angewandt ist, da Dollond und Fraunhofer, unstreitig die gröſsten Künstler, die man in Beziehung auf diesen Gegenstand nennen kann, in ihr die Grundlage der Kunst, farbenlose Bilder in den Fernröhren zu erhalten, fanden, und sich ihrer zu genauen rechnenden Bestimmungen bedient

haben, die mit der Erfahrung in vollkommener Uebereinstimmung sind: so hat man nur nöthig, diejenigen Einwürfe zu berücksichtigen, die in diesen Rechnungen Fehler aufdecken, und nur diejenigen neuen Theorien können hoffen, einst die Stelle der Newton'schen einzunehmen, die eben so die Grundlage zur Berechnung achromatischer Fernröhre abgeben können. VON GÖTHE's Theorie wird auf diesen Ruhm, daſs man mit ihrer Hülfe achromatische Fernröhre berechnen könne, gewiſs nie Anspruch machen, da sie nichts enthält, was je zu rechnenden, genauen Bestimmungen führen könnte, sondern sich mit Ausdrücken begnügt, die einem mathematischen Physiker immer als höchst unbefriedigend erscheinen müssen. Ich werde dies jetzt umständlicher zeigen. v. GÖTHE's Worte machen hier den Text, die in Klammern eingeschlossenen Bemerkungen den Commentar oder die Noten aus.

„Gegenstände durch mehr oder minder dichte Mittel gesehen, erscheinen uns nicht an der Stelle, an der sie sich nach den Regeln der Perspective befinden sollten. Wir können dies so ausdrücken, daſs der Bezug der Gegenstände verändert, verrückt werde; es zeigt sich eine Verrückung des Gesehenen. Diese Verrückung bleibt uns unkenntlich, so lange keine Grenze des Gesehenen ins Auge gefaſst wird, und deshalb halten wir uns vorzüglich an die Verrückung des begrenzt Gesehenen, oder an die Verrückung des Bildes. Die Refraction kann ihre Wirkung äuſsern, ohne daſs man eine Farbenerscheinung gewahr werde. So sehr auch das unbegrenzt Gesehene, eine farbenlose oder einfach gefärbte Fläche, verrückt werde, so zeigt sich keine Farbe."

[Da v. GÖTHE dieses als einen Einwurf gegen die Newton'sche Theorie betrachtet, so muſs ich wohl einige Worte über diesen Gegenstand sagen. Wenn ich eine völlig weiſse Wand durch das Prisma ansehe, so erscheint sie allerdings weiſs, und dies aus Gründen, die eben nicht so schwer verständlich scheinen. Es sey a ein Punct der Fläche, der sich übrigens durch nichts von dem neben ihm liegenden b, oder vielmehr von allen denen, die um und neben ihm liegen, auszeichnet, indem sie alle als weiſs vorausgesetzt werden, und hier von keiner Grenze die Rede seyn soll. Da a weiſses Licht auf das Prisma sendet, so wird dieses in seine Farbenstrahlen zerlegt, und de sey der äuſserste violette, dg der äuſserst rothe Strahl. In ef

Fig. 18.

befinde sich die Oeffnung des Auges, welches also von a den violetten Strahl empfängt. Es sey ferner b ein anderer Punct der Fläche, gerade so liegend, daſs ein von ihm auf das Prisma fallender Strahl so gebrochen werde, daſs er seinen äuſsersten rothen Theil parallel mit de, in if auf das Auge sende; dann läſst sich doch wohl leicht einsehen, daſs zwischen a und b eine Reihe von Puncten liegt, die alle Arten von Strahlen von mittlerer Brechbarkeit, (der eine den orangefarbenen, der andere den gelben, der dritte den grünen Strahl uud so alle zwischenliegenden) zwischen de, if, und parallell mit ihnen, dem Auge zusenden. Das Auge empfängt also in der Richtung de ein aus allen Farben gemischtes, also weiſses Licht, und da es wegen der vorausgesetzten vollkommenen Gleichheit aller Puncte gar nicht erkennt, welchen Antheil jeder der Puncte an dieser Aussendung von Licht hat, so sagt diese Empfindung uns nur, daſs wir die Gegend der Fläche, die hier unserem Auge vorliegt, die ihre Strahlen in unser Auge sendet, weiſs sehen. Richten wir unser Auge nach andern Puncten des Prismas, so lassen sich eben solche Puncte der weiſsen Fläche nachweisen, deren gemischter und vereinigter Eindruck dem Auge Weiſs zeigt.

Hierin liegt in der That ein so vollgültiger Beweis für die Behauptung, daſs mitten im Weiſs sich nichts von Farbe zeigen kann, daſs es unbegreiflich scheint, wie v. Göthe[1] hier die weiſse Wand „nach verschiedenen Stufen gefärbt" zu sehen erwarten konnte; und nichts würde für mich und alle Newtonianer belehrender seyn, als wenn er uns genau zeigen wollte, welche Theile der Wand denn, nach einer consequenten Durchführung der Newton'schen Hypothese, roth, gelb, grün, erscheinen müſsten. Diese Anforderung ist so billig, daſs ich fest überzeugt bin, hätte jemand sie damals, als v. Göthe seine ersten Versuche machte, ihm vorgelegt, er sie nicht abgelehnt, dann aber auch gewiſs, bei der Sorgfalt, mit welcher er damals zu zeichnen gewohnt war, sich überzeugt haben würde, daſs diese Grenzen einzelner Farben mitten im unbegrenzten Weiſs nirgends zu finden sind, und daſs der Instinct[2] hier irre zu leiten im Begriff sey. Ich sehe wohl ein, daſs v. Göthe in dem,

1 Bd. II. S. 677.
2 Ebend. S. 678.

was ich eben vorher *für* Newton gesagt habe, eben so gut wie in den Newton'schen Versuchen „Taschenspielerbedingungen[1]" finden wird; ich hoffe daher auch gar nicht mit diesem Beweise mehr zu leisten, als meine Vorgänger; aber bei mathematischen Gegenständen muſs man die Bedingungen pünctlich angeben, und erhält dann auch strenge bestimmte Resultate, welche aufzusuchen freilich, wie Euklides schon sagte, kein eigener Weg für Könige (und der Sänger soll ja „mit dem König gehen",) gebahnt werden kann. —]

„An den Rändern, wo sich eine weiſse oder farbige Fläche gegen einen hellern oder dunklern Gegenstand abschneidet, zeigt sich eine farbige Erscheinung; — es müssen Bilder, begrenzte Flächen, verrückt werden, wenn eine Farbenerscheinung sich zeigen soll. Wird z. B. ein helles Rund auf dunkeln Grunde durch ein Linsenglas gesehen, so findet eine Verrückung nach auſsen statt, wir sehen es vergröſsert, und erblicken einen blauen Rand. Den Umkreis eben desselben Bildes können wir scheinbar nach dem Mittelpuncte hinein bewegen, wenn wir es durch ein concaves Glas betrachten, wo es verkleinert, mit gelbem Rande erscheint. Diese beiden Erscheinungen zeigen sich, die blaue sowohl als die gelbe, an und über dem Weiſsen; sie nehmen, so fern sie über das Schwarze reichen, einen röthlichen Schein an. Wir haben hier in dem einen Falle den hellen Rand gegen die dunkle Fläche, in dem andern Falle den dunkeln Rand gegen die helle Fläche scheinbar geführt, eins durch das andere verdrängt, eins über das andere weggeschoben, — und darin liegt der Grund der Farbenerscheinung. Diese Umstände kommen nun beim Prisma und überall wieder vor. Bewegen wir eine dunklere Grenze gegen das Helle, so geht der gelbe breitere Saum voran, der schmälere gelbrothe Rand folgt mit der Grenze; rücken wir eine helle Grenze gegen das Dunkle, so geht der violette Saum voraus und der schmälere blaue Rand folgt. Diese Farben lassen sich aus der Lehre von trüben Mitteln bequem ableiten. Denn wo der voreilende Saum des trüben Nebenbildes sich vom Dunkeln über das Helle zieht, erscheint das Gelbe; umgekehrt, wo eine helle Begrenzung über die dunkle Umgebung hinaustritt, erscheint das Blaue. Die voreilende Farbe ist immer die breitere. So greift die gelbe

1 Ebend. S. 681. Z. 4. v. u.

er das Licht mit einem breiten Saume, da aber, wo sie an
s Dunkle grenzt, entsteht nach der Lehre der Steigerung und
schattung, das Gelbrothe als ein schmälerer Rand u. s. w."

[Dafs alle diese Erscheinungen sich nach Newton's Theorie
cht blofs mit vagen Worten erklären lassen, sondern dafs der
'eg der Lichtstrahlen sich genau berechnen läfst, ist aus dem
rigen schon bekannt. Aber ich gestehe, dafs ich nie habe
sehen können, wo denn bei v. Göthe die eigentliche Erklä-
ıg dieser dioptrischen Farben liegt. Dieses trübe Nebenbild
es ja gerade, dessen Entstehung erst erklärt werden soll, und
neswegs dadurch erklärt wird, dafs uns S. 85 mit vieler
nst begreiflich gemacht wird, es kämen ja auch in andern
len Nebenbilder vor. Wie diese Nebenbilder im Glasspiegel
l sonst entstehen, das ist bekannt; aber indem wir unser
ge auf den Spiegel richten, glaubt der Verf. der Farbenlehre,
ten wir die Frage vergessen, ob denn jene trüben Farbenbil-
eben so entstehen? — Diese trüben Bilder sind es eben,
erklärt werden sollen. Freilich findet sich S. 88. eine Er-
rung, die mit dem berühmten horror vacui die allergröfste
ınlichkeit hat, aber niemand befriedigen kann. Sie lautet
„Es entsteht also, wenn die Refraction auf ein Bild wirkt,
dem Hauptbilde ein Nebenbild, und zwar scheint es, dafs
wahre Bild einigermafsen zurückbleibe," „„und sich dem
rücken gleichsam widersetze."" — Mit der Refraction geht
also ungefähr so zu: Einige vom Bilde ausgehende Licht-
hlen sind nachgiebiger als andre, und lassen sich zu der ge-
ımten Fortrückung veranlassen, statt dafs andre etwas weni-
geneigt sind, der Verrückung nachzugeben, oder mit New-
r's Worten, jene sind stärker brechbar, werden mehr von
m Wege abgelenkt, als diese, und zwar sind jenes die vio-
en und blauen, dieses die gelben und rothen. Das was
the sagt, ist also unter versteckten Ausdrücken am Ende
ade nichts anders, als die Newton'sche stärkere Brechbarkeit.
nn wenn ein Nebenbild dem Hauptbilde bei der Verrückung
rauseilt, so ist es um mehr als dieses verrückt; da nun v.
the den Ausdruck *Verrückung* statt *Brechung*, *Refraction*,
wendet, so sage ich mit gleichem Rechte, das Nebenbild ist
hr gebrochen, als das Hauptbild. Nun sehen wir dies vor-
eilende Nebenbild nur da, wo es über das Hauptbild vor-
ift, also nur einen voreilenden Rand des mehr gebrochenen

Nebenbildes, welcher violett und blau ist. Da wo Hauptbild und Nebenbild zusammen fallen, sehen wir das Bild in vollem Lichte (weifs), aber wo die am trägsten zurückgebliebenen Theile des Bildes wieder an der hintern Seite über das, was nun einmal Nebenbild heifsen soll, vorragen, da zeigen sich, als die der Verrückung am wenigsten nachgebenden, als die am wenigsten gebrochenen Strahlen, die gelben und rothen. — — Wenn ich mir so v. Göthe's dunkle Rede verdeutliche, so kann ich sie besser fassen; aber in dieser Uebersetzung würde denn freilich auch dieser Theil der v. Göthe'schen Farbenlehre völlig über den Lethe gesetzt. Da sich alles andere in der Göthe'schen Farbentheorie auf diese Betrachtungen stützt, da die stärkere Farbenzerstreuung als ein durch chemische Mittel bewirktes weiteres Voreilen des Nebenbildes angesehen werden kann, und damit die Achromasie diesem Begriffe vom Nebenbilde angereihet wird: so ist es nicht nöthig, länger hiebei zu verweilen, und ich gehe daher zu andern Erfahrungen über das prismatische Farbenbild über.]

13. Der Raum, den jede einzelne Farbe im prismatischen Sonnenbilde einnimmt, ist ungleich, und selbst im Verhältnifs gegen die Länge des ganzen Bildes ungleich, wenn man Prismen von verschiedener Materie nimmt[1]. Die Abmessungen, welche Newton für die Theile des Bildes, die sich als Roth, Orange u. s. w. zeigen, angiebt, können daher nur als ein Beispiel dienen, in welcher Ordnung die Farben sich an einander reihen. Hätte Newton nicht in der nahen Uebereinstimmung zwischen den Verhältnissen dieser Räume und den Schwingungszeiten der eine Tonleiter bildenden Töne ein Naturgesetz zu erkennen geglaubt, so würde er vielleicht nicht so übereilt die Behauptung, dafs keine Aufhebung der Farbe bei der Brechung und eben deshalb kein achromatisches dioptrisches Fernrohr möglich sey, ausgesprochen haben. Newton legt den einzelnen Farben folgende Ausdehnung bei: Violett nimmt 80 Theile, Indigo 40, Blau 60, Grün 60, Gelb 48, Orange 27, Roth 45 Theile ein, wenn man das ganze Spectrum in 360 Theile zerlegt. Könnte man zugleich die Lichtstärke, die in jedem einzelnen Theile des Farbenbildes statt findet, angeben, so liefse sich über die Verhältnisse, in welchen die Far-

1 Vergl. Art. *Zerstreuung der Farben.*

Farbenstrahlen gemischt seyn müssen, um Weifs zu geben, etwas Genaueres bestimmen[1].

14. Welche Theile des Farbenbildes der Sonne am meisten Licht und welche am wenigsten Licht besitzen, hat HERSCHEL untersucht[2]. Er bediente sich eines Mikroskops, womit er verschiedene Gegenstände, die bald durch die eine, bald durch die andre Art von Farbenstrahlen erleuchtet waren, betrachtete. Allemal zeigten sich die feinen Puncte, worauf er seine Aufmerksamkeit richtete, am stärksten erleuchtet, wenn sie sich in den gelben Lichtstrahlen befanden, am besten dann, wenn man sie in die Gegend des Farbenbildes brachte, wo das vollkommene Gelb in Grün überzugehen anfängt. Wenn man sich von dieser Gegend nach einer oder der andern Seite entfernte, so war die Erleuchtung schwächer, im Orange schwächer als im Gelb, im Roth schwächer, als im Orange, und eben so im Grün nicht ganz so stark als in jenem Uebergange vom Gelb ins Grün, im blauen Lichte war die Erleuchtung immer schwächer, je mehr man sich von der Mitte des Farbenbildes entfernte, im Violett aber schwächer als in irgend einem der übrigen Farbenstrahlen. HERSCHEL bemerkt zugleich, dafs die ungleiche Brechbarkeit der verschiedenfarbigen Strahlen sich dadurch zeigte, dafs die zum deutlichen Sehen nöthige Stellung des Instruments bei jeder Farbe eine andere war, und dafs man nur dann die glänzenden Puncte an einem Nagel oder anderm Metall als mit der *einen* Farbe glänzend erblickte, die man auffallen liefs, wenn man die Beimischung anders gefärbter Strahlen sorgfältig vermied.

FRAUNHOFER hat diese Ungleichheit der Intensität noch genauer zu bestimmen gesucht, weil sie bei achromatischen Fernröhren zu berücksichtigen ist, wenn man die durch verschiedene Farbenstrahlen mit ungleicher Stärke bewirkte Färbung des Bildes aufheben will. Er brachte in der Ocularröhre eines Fernrohrs einen Metallspiegel an, der durch eine Lampenflamme erleuchtet wird, und dieses, in senkrechter Richtung gegen die Ocularröhre einfallende Licht, indem er es unter einer Neigung von 45 Graden auffängt, gegen das Ocular unter

1 Vergl. No. 19.

2 Herschels Unters. über die Natur der Sonnenstrahlen, übers. Harding. Celle 1801. S. 13.

eben dem Winkel zurückwirft. Dieser Spiegel, den man von der Flamme erleuchtet sieht, nimmt die Hälfte der Röhre ein, während durch die andre Hälfte des Gesichtsfeldes eine der Farben des prismatischen Sonnenbildes gesehen wird. Die erleuchtende Flamme kann verschiedene Entfernungen von jenem Spiegel erhalten, wodurch dann die Erleuchtung des Spiegels stärker oder schwächer wird, und man kann folglich eine solche Entfernung der Flamme wählen, wobei der Eindruck, den das Licht derselben durch das Ocular gesehen macht, eben so stark ist, als der Eindruck einer durch die andre Hälfte des Gesichtsfeldes gesehenen Farbe des prismatischen Sonnenbildes. Die Entfernung der Flamme giebt dann auf die bekannte Weise das Maſs der Erleuchtung des Spiegels, da diese dem Quadrate der Entfernungen umgekehrt proportional ist; eben dadurch aber erhält man auch die Intensität des verglichnen Farbenstrahls. Fraunhofer bemerkt, daſs es zwar etwas schwer ist, Licht von verschiedenen Farben mit einander zu vergleichen; aber einige Uebung erleichtert diese Vergleichung. Die Gleichheit der Intensität beider Lichter erkennt man daran, daſs die nach der unveränderten Lage des Oculars scharf sichtbare Grenze des Spiegels dann am wenigsten deutlich ins Auge fällt, wenn die Intensität des Farbenstrahles mit dem Lichte, das der Spiegel zurückwirft, gleich ist. Die Versuche wurden mit einigen Abänderungen mehrmals wiederholt, unter andern auch so, daſs das Lampenlicht durch ein matt geschliffenes Glas auf den Spiegel fiel[1], und durch die andere Hälfte des Fernrohrs eine von dem Farbenstrahle erleuchtete weiſse Fläche gesehen wurde. Der hellste Ort des Farbenbildes liegt um $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{5}$ der ganzen
Fig. 19. Länge desselben vom rothen Endpuncte entfernt, und die graphische Darstellung zeigt, wie die Verhältnisse der Intensität in allen Theilen des Farbenbildes gefunden wurde[2]. Folgende Zahlen geben diese Verhältnisse der Intensitäten an:

bei B = 0,032.
bei C = 0,094.
bei D = 0,64.

1 Diese Einrichtung scheint noch besser, als die vorige, weil hier im eigentlichen Sinne die Erleuchtung verglichen wird, statt daſs bei dem Beobachten der Flamme selbst, die claritas visa der Flamme zur Vergleichung dient.

2 G. LVI. 301.

größte = 1,00,
bei E = 0,48,
bei F = 0,17,
bei G = 0,031,
bei H = 0,006,

ist das gesammte Licht in den einzelnen Theilen des Far- ldes etwa so vertheilt, daſs

im Raume BC = 0,021 des in DE vorhandenen
CD = 0,299 — — — — —
DE = 1,000 — — — — —
EF = 0,328 — — — — —
FG = 0,185 — — — — —
GH = 0,035 — — — — —

in Vergleichung gegen die ganze Summe des Lichtes
auf BC = 0,0113 kommt,
— CD = 0,1599
— DE = 0,5354
— EF = 0,1757
— FG = 0,0990
— GH = 0,0187

nhofer bemerkt, daſs die Grenzen des ganzen Farbenbil- ch schwer angeben lassen, indem man bei recht lebhaf- auf das Prisma fallendem Lichte, wenn man die hellern e des Farbenbildes verdeckt, um das Auge nicht durch blenden, noch weit über die gewöhnlich dem Auge sicht- Grenzen hinaus ein Roth an dem einen und ein Violett m andern Ende des Farbenbildes gewahr wird. Und die- immt mit dem überein, was der jüngere Herschel bei oben (No. 7) erzählten Versuche fand, daſs nämlich das jene rothen Gläser gesehene runde Sonnenbild so weit nde des prismatischen Farbenbildes liegt, daſs, wenn man Ort desselben auf dem Papiere bezeichnet, wo das Farben- aufgefangen wird, dieser Ort zum Theil auſserhalb der e desjenigen Bildes liegt, welches man, wenn das Auge ich auf die glänzendern Farben sieht, bemerkt. Dort wo ein rothes Glas das Auge vor der Blendung durch die ndern Farben sichert, welche von diesem Glase nicht gelassen werden, empfindet das Auge die Gegenwart die- hwachen rothen Strahlen, die am äuſsersten Ende des Far- ldes liegen.

15. FRAUNHOFER's genaue Untersuchung des Farbenbildes zeigte ihm noch eine andre bis dahin ganz unbekannte Eigenschaft desselben. Wenn man so strenge als es für die Berechnung achromatischer Fernröhre nöthig ist, die Brechung der einzelnen Farbenstrahlen in verschiedenen Glasarten zu bestimmen wünscht, so findet man dieses wegen der unbestimmten Grenze der einzelnen Farben nicht wenig schwierig. Es war daher eine erwünschte Entdeckung, als FRAUNHOFER in dem durch das Prisma gesehenen Lampenlichte zwischen dem Roth und Gelb einen hellen scharfbegrenzten Streifen bemerkte, der sich immer an derselben Stelle findet, und aus einfachem, nicht zerlegbarem Lichte zu bestehen scheint. Ein ähnlicher, jedoch schwächerer, Streifen läſst sich auch im Grün wahrnehmen. Eben solche, aber viel zahlreichere bestimmte dunklere und hellere Streifen sieht man nun auch im Sonnenlichte, und wenn man sie bei dem Gebrauche verschiedener Prismen ins Auge faſst, so hat man immer dieselben Puncte im Farbenbilde, und kann daher die verschiedene Brechung für verschiedene Glasarten in Beziehung auf sie genau angeben. FRAUNHOFER entdeckte diese Streifen im Farbenbilde, indem er vor dem Fernröhre eines Theodoliten ein Prisma von Flintglas aufstellte, auf welches durch eine schmale, etwa 15 Sec. Breite und 36 Min. hohe Oeffnung in dem 24 Fuſs vom Prisma entfernten Fensterladen, das Sonnenlicht fiel. Der Winkel des Prisma's war ungefähr 60 Gr. und das Prisma stand so vor dem Objectiv des Theodolitfernrohrs, daſs der Winkel des einfallenden Strahls dem des gebrochnen Strahls gleich war.

Bei dieser Stellung des Instruments zeigte sich in dem Farbenbilde und senkrecht auf die Längenausdehnung desselben eine Menge dunklerer Linien, deren einige fast ganz schwarz erschienen. Diese Linien zeigten sich bei allen verschieden brechenden Prismen und scheinen sich immer genau an demselben Orte, die eine im Blau, die andre im Roth u. s. w. zu befinden; sie waren zwar bei veränderter Oeffnung im Fensterladen oder bei veränderter Ausdehnung des Farbenbildes mehr oder minder leicht zu erkennen; aber ihr Verhältniſs, ihre Lage gegen einander und gegen die Farben blieb immer ungeändert. Wenn man durch Drehung des Prisma's den Einfallswinkel änderte, so muſste die Stellung des Oculars verändert werden, um sie deutlich zu sehen, und eben so muſste diese Aenderung statt finden, wenn

nan bald die im rothen, bald die im violetten Theile liegenden Fig. Linien deutlich sehen wollte. Die Figur[1] zeigt, so gut es in 19. iner kleinen Zeichnung möglich ist, diese Linien im Sonnenbilde. Ungefähr bei A ist das rothe, bei I das violette Ende les Farbenbildes, jedoch ohne ganz scharfe Grenze; bei sehr hellem Sonnenlichte sieht man, wenn von dem hellen Raume G kein Licht ins Auge kommt, das Farbenbild viel länger. Die genauere Beschreibung der Linien theile ich hier nicht mit, ondern bemerke nur, daſs nach FRAUNHOFER's sorgfältiger Untersuchung diese Linien nicht durch Beugung u. dgl. entstehen, ondern in der Natur des Lichtes selbst liegen. —

Wie diese dunkleren Linien zu erklären sind, ist wohl noch nicht mit Sicherheit zu bestimmen[2]. Nach den sonst bekannten Erfahrungen schien es, daſs die Sonnenstrahlen aus verschiedenen Farbenstrahlen beständen, die in stetiger, ununterbrochener Folge an Brechbarkeit verschieden wären; nach dieser neuen Erfahrung scheint es in Gemäſsheit der Newton'schen Theorie, ls ob die Brechbarkeit nicht nach stetiger Folge verschieden väre, sondern hier und da sprungweise fortschreite, woher enn allerdings, wenn der auffallende Strahlenbündel sehr schmal st, Lücken entstehen müſsten[3].

16. Die einzelnen Farbenstrahlen sind in ungleichem Grade rwärmend. HERSCHEL bemerkte dieses zuerst, indem er unter den stark verdunkelnden Gläsern im Telescop einige fand, ie viel Wärme durchlieſsen, während andre bei gleich viel urchgelassenem Lichte dieses nicht thaten; er stellte daher eine Reihe von Versuchen an, wo im verfinsterten Zimmer das Thermometer bald in dem einen, bald in dem andern Farbenstrahle es durch einen engen Spalt einfallenden und im Prisma (dessen anten der Längenrichtung des Spaltes parallel waren) gebrochnen onnenstrahlen aufgestellt wurden. Er fand, indem er unter ei Thermometern das eine auſserhalb der Farbenstrahlen, ein

---

1 Entlehnt aus FRAUNHOFER's Originalabhandlg. und SCHUMACHER's ron. Abh. II. wo sie in gröſserm Maſsstabe gezeichnet ist.

2 Eine sehr dunkel ausgedrückte Meinung von v. Grotthuſs fint sich bei Gilb. LXI. 60. Fraunhofer selbst bringt sie mit der eorie der Interferenzen und der Lichtwellen in Verbindung.

3 Künstliches Licht giebt im prismatischen Bilde oft noch viel klichere Unterbrechungen, wie unter andern Talbot im Edinb. rn. of Science. IV. IX. zeigt.

andres oder auch beide andere in einem bestimmten Farben-strahle aufstellte, daſs im Mittel das Thermometer in 16 Mi[illegible] durch die Einwirkung des rothen Strahles um 6⅞ Gr. in d[illegible] grünen Strahlen um 3¼ Gr. in den violetten um 2 Gr. F. stie[illegible] Aber obgleich im Roth die Erwärmung gröſser als in den übri-gen Farbenstrahlen war, so lag doch das Maximum der Erwär-mung nicht im Roth, sondern darüber hinaus, wo schon kei[illegible] Farbe mehr kenntlich war. Lieſs man nämlich auf das klei[illegible] Tischchen, worauf die Thermometer sich sich befanden, n[illegible] und nach die einzelnen Farbenstrahlen fallen, und beobach[illegible] das in der Brechungsebene liegende Thermometer nun a[illegible] dann noch, wenn der rothe Farbenstrahl das Tischchen nic[illegible] mehr erreichte, also wenn das Thermometer da stand, wo Strah-len noch minder brechbar als die rothen hin gelangen müſst[illegible] wofern es solche gäbe, so stieg das Thermometer in 10 Mi[illegible] 6½ Gr., wenn es ½ Zoll von der Grenze des sichtbaren Roth a[illegible] stand, 5¼ Gr. wenn es 1 Zoll, 3½ Gr. wenn es 1½ Zoll, v[illegible] dieser Grenze entfernt war. Herschel schloſs hieraus, daſs d[illegible] Maximum der Erwärmung auſserhalb des Roth liege, da wo Strah-len, weniger brechbar, als die rothen hinfallen, oder wenn w[illegible] auch nach Fraunhofer und dem jüngern Herschel annehm[illegible] daſs ein recht scharfsehendes, im Dunkel ungeblendetes Au[illegible] hier vielleicht noch einen matten tief rothen Lichtschimmer sie[illegible] doch gewiſs da, wo nur die äuſserste, höchst schwach erleuch-tenden rothen Strahlen hin gelangen. Herschel versicherte sic[illegible] noch durch andre Versuche, daſs wirklich solche auſserhalb d[illegible] Farbenbildes auffallende Wärmestrahlen vorhanden sind, inde[illegible] er ein Thermometer so aufstellte, daſs es durch Zurückwerfu[illegible] solcher minder brechbarer Strahlen, die nämlich von einem je[illegible] seits des Roth gehörig aufgestellten Spiegel reflectirt werden muſs-ten, getroffen wurde, und eine Erwärmung beobachtete. Er bestä-tigte dieses Resultat, indem er einen zur Hälfte bedeckten Hoh[illegible] spiegel so stellte, daſs der unbedeckte Theil ganz auſserhal[illegible] der Grenze des Farbenbildes lag und also nur von jenen dun-keln Strahlen getroffen werden konnte; dennoch stieg ein i[illegible] Brennpuncte gehaltenes Thermometer in 1 Min. um 19 Grad[1].

Spätere Beobachter haben diese bis über das Roth hinaus-

---

1 Herschel's Unters. über die Sonnenstrahlen, übers. von Har-ding und in Gilb. Ann. VII. 137. X. 71.

sichenden Wärmestrahlen nicht finden können, und Leslie pricht mit einer eben so unnöthigen als ungebührlichen Heftigeit dagegen[1]. Er glaubt die sämmtlichen Versuche wären fehrhaft, und bei gehöriger Sorgfalt habe er selbst gar keine Erwärmung ausserhalb des Farbenbildes gefunden.

Diese Einwürfe zu prüfen, stellte Englefield[2] eine Reihe on Versuchen an. Er liess auf eine Glaslinse von 4 Zoll Oeffnung nd 22 Zoll Brennweite, die durch einen Pappenschirm gegen die brigen Strahlen geschützt wurde, nur diejenigen Farbenstrahlen, e durch eine ½ Zoll weite, 3 Zoll lange Oeffnung in jenem Schirme urchgelassen wurden, auffallen, deren Wirksamkeit untersucht erden sollte. Er stellte dann ein Thermometer im Focus auf, und ss von den durch das Prisma zerstreuten Strahlen bald den einen, ld den andern Theil auf die Oeffnung im Schirm und so auf die inse fallen. Der blaue Strahl brachte in 3 Min. das Thermoeter nur 1 Gr. höher, der grüne in eben der Zeit 4 Gr., der lbe 6°, der rothe in 2½ Min. 15½ bis 16 Gr., und ausserhalb s Farbenbildes nahe an der Grenze des Roth stieg das Thermometer in 2½ Min. 18 Gr. F. Andere Versuche fielen im Wesntlichen eben so, nämlich beweisend für Erwärmung da, wo in Roth des Farbenbildes mehr sichtbar war, aus; indess igte sich, selbst wenn das ganze Farbenbild auf den Schirm l, und die Oeffnung ½ Zoll von der sichtbaren Grenze des th entfernt lag, im Brennpuncte noch ein schwachrother himmer, also gesammelt aus Strahlen, die das Auge auf dem hirme nicht bemerkte.

Die Wiederholung der Versuche über die ungleiche Errmung durch verschiedenfarbige Strahlen, welche wir Berard danken[3], hat vor den frühern den Vorzug, dass sie mit em Heliostat angestellt sind, einem Instrumente, welches bei a Fortrücken der Sonne das Sonnenbild immer in demselben icte erhält. Berard fand die Erwärmung vom Violett bis äussersten Grenze des Roth zunehmend; das Maximum der irme also zwar nicht ausser dem Farbenbilde, aber doch an äussersten Grenze desselben, und von da an ausserhalb sichtbaren Farbenbildes schnell abnehmend. Ruhland

1 G. X. 90.
2 Ebend. XII. 399.
3 Ebend. XLVI. 382.

schliefst aus eigenen Versuchen, dafs der Ort der gröfsten Wä
bei Prismen aus verschiedenen Materien verschieden sey; b
einigen Glasprismen und bei einem Prisma aus Borax lag er ü
das Roth hinaus, bei andern im Roth, und bei Prismen, d
mit flüssigen Körpern gefüllt waren, bei einigen im Gelb[1].

17. Auch die chemischen Wirkungen der verschieden
Farbenstrahlen sind ungleich. Scheele[2] hatte schon beme
dafs das Hornsilber (Chlorsilber, salzsaures Silber), wel
im Sonnenlichte schwarz wird, diese Veränderung eher
stärker leidet, wenn man es dem violetten Lichtstrahle, als w
man es den übrigen Lichtstrahlen aussetzt; der violette Str
so lichtschwach er ist, und so sehr er in Rücksicht auf die
wärmende Kraft hinter den übrigen zurücksteht, reducirt
das Silberoxyd am schnellsten.

Ritter[3] hat die Erscheinungen noch genauer unter
und gefunden, dafs die stärkste Reduction aufser dem Viol
wo das sichtbare Farbenbild schon aufgehört hat, statt find
dafs ihre Stärke von da an durch das Violett und Blau sehr abnim
und nahe hinter dem Grün ganz aufhört, im Orange und Roth sch
eine Oxydation einzutreten. Fischer findet[4] die stärkere Schw
zung des Hornsilbers im blauen und violetten Strahle und a
eine deutliche Färbung aufserhalb des Farbenbildes jenseits d
violetten Strahles völlig bestätigt; der rothe Strahl brachte sel
in 2 Stunden keine Färbung hervor, obgleich diese vom bla
Strahle in wenig Minuten bewirkt wurde. Eben diesen Unt
schied fand Fischer, wenn man unter blauen und rothen G
sern das salzsaure Silber der Einwirkung des Lichtes aussetz
nur unter jenem zeigte sich die Schwärzung. Dafs im roth
Strahle eine entgegengesetzte chemische Wirkung eintrete, h
Fischer für nicht erwiesen.

Wollaston's etwas anders angestellten Versuche verdien
gleichfalls erwähnt zu werden[5]. Guajacharz, in Alkohol auf

---

1 Ruhland über die polarische Wirkung des gefärbten het
gen Lichts. S. 50.

2 G. VII. 149.

3 Ebend. XII. 408.

4 Fischer über die Wirkung des Lichts auf das Hornsilb
Nürnberg, 1814. S. 56.

5 G. XXXIX. 294. Ruhland über polarische Wirkung d
Lichts. S. 24.

t, giebt eine Tinctur, die unter Einwirkung des Lichtes grün rd. Da die Farben des durch ein Prisma zerstreuten Sonnenhtes keine Wirkung zeigten, so concentrirte Wollaston sie, dem er eine Glaslinse von 7 Zoll Durchmesser so bedeckte, ſs nur ein sehr schmaler Rand die Lichtstrahlen empfing. ieser Ring vereinigt bekanntlich die rothen Lichtstrahlen in iem andern Brennpuncte, als die violetten. Fing man das ld näher beim Glase, als wo der Brennpunct lag, auf, so war wie allemal, innen violett, auſsen roth gefärbt; bei 24½ Zoll tfernung war der Brennpunct am glänzendsten; in gröſserer itfernung war das Farbenbild wieder ringförmig und am äuſsern nde violett, am innern roth. Setzte man diesen Strahlen s salzsaure Silber aus, so entstand in kleinern Entfernungen s 22¼ Zoll ein geschwärzter Ring; in 22¼ Zoll ein Fleck, der i 23 Zoll Entfernung am kleinsten war; in 24¼ Zoll Entfermg wurde die geschwärzte Stelle wieder ringförmig. Auch i dem mit Guajactinctur bestrichenen Papier zeigte sich das Grün i schnellsten und schönsten in 23 Zoll Entfernung; in kleim Entfernungen war die gefärbte Stelle gröſser und blässer, 22¼ Zoll Entfernung entstand ein grüner Ring mit farbenlon Mittelpuncte, in 24¼ Zoll Entfernung, (also in dem am isten erleuchteten Brennpuncte) erfolgte in der den frühern obachtungen immer gewidmeten Zeit von 1 Min. fast gar ine Wirkung. Nahm man Guajacpapier, das schon an der nne grün geworden war, und brachte dieses in 25¼ Zoll Entnung hinter der Linse an, so ging die Farbe in das Blaſsgelb rück, welches sie vor der Einwirkung des Lichtes hat; ins bemerkt Wollaston, daſs diese Wirkung, die allerdings e entgegengesetzte Beschaffenheit derjenigen Strahlen anzuten scheint, die in der Gegend des Roth liegen, auch durch se Hitze hervorgebracht wurde. Die wirksamsten Strahlen Färbung des Guajacpapiers waren also die am stärksten gechenen, die sich schon in 23 Zoll Entfernung in einem Focus melten, statt daſs die glänzendsten ihren Focus erst in Zoll Entfernung hatten.

Young lieſs die zwischen Glasplatten sich zeigenden Farbene (nach Newton's Ausdruck, die durch Anwandlungen entstanen) ihr Bild auf ein Papier werfen, das mit einer Silberauflösung [1]

---

[1] G. XXXIX. 283.

bestrichen war, und erhielt geschwärzte Ringe, die mit violetten Ringen zusammen zu treffen schienen.

Berard [1], der sich durch mehrere Versuche von dieser gleichen chemischen Wirksamkeit der Farbenstrahlen überzeu stellte unter andern Versuchen auch den an, dafs er die Far vom Grün bis zum Violett, so wie sie durch das Prisma herv gebracht waren, vermittelst *einer* Linse sammelte und *zweite* Linse zum Sammeln der gelben, orangefarbenen, rot und über das Roth hinaus etwa noch vorhandenen Strahlen wandte. Im Brennpuncte der ersten Linse schwärzte sich salzsaure Silber in 10 Minuten sehr merklich, im Brennpun der zweiten, wo Licht und Hitze viel lebhafter waren, kon selbst in zwei Stunden noch kein Erfolg bemerkt werden.

Nach Seebeck [2] erfolgt unter einer blauen Glocke die Z setzung einer Mischung aus Chlorgas und Wasserstoffgas in s kurzer Zeit; unter einer gelbrothen Glocke erfolgt sie selbst längerer Zeit nur höchst unvollkommen. Der Bononis Leuchtstein [3] wird nach Seebeck's Beobachtungeu am besten violetten Strahle und selbst noch darüber hinaus leuchtend, Blau nahm sein Glanz wenig ab, in den folgenden Strah trat das Leuchten unvollkommener ein. Hinter blauem Gl wurde er sogleich leuchtend, hinter gelbrothem verlor schon leuchtende bononische Phosphor sein Licht. Ruhland dessen zahlreiche Versuche ich sogleich umständlicher erwähn will, fand diese Beobachtungen über den bononischen Phosph fast vollkommen bestätigt, doch konnte er zwischen dem schw chen Leuchten im gelben und rothen Farbenstrahle keinen Unte schied wahrnehmen. Ruhland tadelt an den frühern Vers chen, dafs man auf die ungleiche Intensität des verschiedenfa bigen Lichtes nicht genug Rücksicht genommen habe, welch Fehler er vermied, indem er mit Leslie's Photometer die Gra der Erleuchtung bestimmte. Er bediente sich eines Appara wo in fünf von einander getrennten Abtheilungen das Licht dur Gläser von 6 Zoll Durchmesser einfiel, die violett, blau, grü

1 G. XLVI. 385.

2 Schweigg. II. 265. Ruhland. S. 11.

3 v. Göthe Farbenlehre. II. 705.

4 Ruhland über die polarische Wirkung des gefärbten hetero Lichts. S. 26.

gelb, hochroth waren; das Gelbe liefs am meisten Licht durch, das Grüne etwas weniger als die drei übrigen, die sehr genau gleich waren. Seine zahlreichen Versuche geben im Allgemeinen das Resultat, dafs man die Wirkung der am meisten brechbaren Strahlen weder eine oxydirende noch eine desoxydirende nennen könne, sondern dafs die Wirkung hier, wie beim unzerlegten Lichte, nach Verschiedenheit der dem Lichte ausgesetzten Körper verschieden ist. Aber diejenige Wirkung, welche das unzerlegte Licht auf verschiedene Körper ausübt, die doch nur dadurch scheint hervorgebracht zu werden, dafs es von den Körpern in ihre Substanz aufgenommen wird, tritt bei den stärker gebrochenen Strahlen, weil sie am meisten angezogen werden, im stärkern Grade ein. Die minder gebrochenen zeigen nicht eigentlich die entgegengesetzte Wirkung, sondern die Wirkung ist zusammengesetzt aus derjenigen, welche das in mehr oder minderer Menge absorbirte Licht hervorbringt (und diese Menge ist bei den stärker brechbaren Strahlen gröfser), und aus der, welche Folge der Cohäsions-Erhöhung ist, die in dem Grade gröfser ist, als ein Körper gröfsere Schwierigkeit hat, das ihn treffende Licht seiner Elasticität zu berauben. Die von dem letzten Umstande herrührenden Erscheinungen, die nämlich von einer gesteigerten Cohäsion abhängen, kommen mehr den nicht so stark brechbaren Strahlen zu; deshalb (glaubt Ruhland) färben auch diese minder brechbaren Strahlen noch in einigem Grade das salzsaure Silber, entfärben aber zum Theil das schon geschwärzte, weil sie die Cohäsion indirect so erhöhen, dafs ein Theil des absorbirten Lichtes wieder ausgetrieben wird.

Von Ruhland's Versuchen hebe ich nur einige der auffallendsten aus. Die Aloë-Tinctur gehört zu den vorzüglichsten Reagentien, um die Einwirkung des Lichts zu zeigen. Frisch bereitet, hat sie eine bleiche, gelbrothe Farbe, setzt man sie aber auch nur kurze Zeit dem Lichte hinter violetten und blauen Gläsern aus, so wird sie dunkel blutroth, während in den minder brechbaren Strahlen auch nicht die geringste Farbenänderung eintritt. In jenen Strahlen bemerkt man auch Absorption des Sauerstoffgas, die in diesen ganz fehlt. — Rothes Quecksilberoxyd hielt sich in den minder brechbaren Strahlen ganze Monate unverändert, in den stärker brechbaren ward es bei hinreichend starkem Lichte bald so reducirt, dafs sich laufendes Quecksilber ansammelte. — Nufs-Oel, Mohn-Oel, Oliven-Oel

bleichten in den stärker brechbaren Farben (hinter violetten und blauen Gläsern) und wurden beinahe wasserhell, dabei absorbirten sie Sauerstoffgas. In den minder brechbaren Strahlen verhielten sich diese Oele wie im Dunkeln.

Auf die Pflanzen zeigt sich eine auf ähnliche Weise ungleiche Einwirkung. In den brechbarern Strahlen kehren die Blätter sich gegen das Licht, wie wir es sonst an Pflanzen am Fenster gewohnt sind; in den minder brechbaren Strahlen (hinter gelbem und rothem Glase) kehrten sie sich vom Lichte ab und ihre Farbe ward bleicher. — Brachte man zarte Pflanzen der Mimosa pudica während ihres nächtlichen Pflanzenschlafes in völliges Dunkel, und dann am Morgen, wenn die farbigen Gläser schon völlig von der Sonne beschienen wurden, die eine Pflanze hinter blaue oder violette, die andere hinter gelbe und rothe Gläser, so öffneten die Blätter sich hinter den rothen schneller als hinter den blauen, die letztern aber blieben so lange ausgebreitet, als sie vom Lichte beschienen wurden und schlossen sich des Nachts vollkommen wieder, statt daſs die im rothen Lichte stehenden sich nach einigen Tagen rückwärts bogen, so daſs die Oberflächen der Blätter nach auſsen zu stehen kamen, sich Nachts unvollkommen schlossen und ihre Reizbarkeit zu verlieren schienen.

Die Frage, warum der violette Strahl sich hier am wirksamsten zeige, beantworten die Vertheidiger der Emissionstheorie durch die Bemerkung, daſs schon die stärkere Brechbarkeit auf eine nähere Verwandtschaft des violetten Lichts mit den Körpern hindeute; die Vertheidiger der Undulationstheorie dagegen glauben, die breitern Wellen, die sich uns im violetten Strahle kenntlich machten, wirkten mit mehr Gewalt auf die Körper[1].

18. Ob der violette Lichtstrahl dem Stahle die Eigenschaften des Magnetes ertheile, scheint immer noch nicht ganz entschieden. Morichini glaubte diese Magnetisirung zu Stande zu bringen, indem er Stahlnadeln bloſs dem violetten Strahl aussetzte: er sagt aber nicht deutlich, wie er den Pol, welcher Nordpol werden soll, bestimme, indeſs scheint das Ende, welches dem magnetischen Norden am nächsten lag, Nordpol geworden zu seyn. Barlocci glaubte den Erfolg schneller und

1 Nobile sul magnetismo. Modona 1824. p. 178.

bestimmter hervorgehen zu sehen, wenn er das concentrirte Bild von der Mitte nach dem Nordende der Nadel, und eben so nachher von der Mitte nach dem Südende fortbewegte, und so ein dem Bestreichen ähnliches Verfahren anwandte. Diese[1] nicht einmal genau erzählten und zu sehr vielen Zweifeln Gelegenheit gebenden Versuche wurden von Andern ohne Erfolg wiederholt, und CONFIGLIACHI versichert unbedenklich, dafs sich die Nadeln, nachdem sie dem violetten Strahl ausgesetzt waren, nicht magnetisch zeigen, und dafs die Versuche von MORICHINI und BARLOCCI nicht mit genug Vorsicht angestellt sind[2].

Erst ganz neuerlich[3] scheinen die Umstände, welche das Gelingen des Versuchs bedingen, von Lady SOMMERVILLE aufgefunden zu seyn, nämlich dafs man nur diejenige Endspitze der Nadel, die Nordpol werden soll, dem violetten Strahle aussetzt, während der übrige Theil der Nadel bedeckt ist. Vermuthlich mufs man noch hinzusetzen, dafs eben dieser Nordpol einigermafsen nach der Richtung hin gekehrt seyn mufs, wohin die Neigungsnadel ihren Nordpol kehrt, oder wenigstens die Lage der Nadel nicht zu weit von dieser Richtung entfernt seyn mufs.

Nach L. GMELIN aber, welcher den Versuch durch MORICHINI selbst anstellen sah, wurde die zu magnetisirende Nadel nicht genau im magnetischen Meridiane, mit etwas westlicher Abweichung, horizontal gehalten, der blaue und violette Strahl des Spectrums vermittelst einer Linse vereinigt, und wiederholt von der Mitte aus nach dem nordwestlich gerichteten Ende geführt, wodurch nach einer kleinen halben Stunde die Nadel so magnetisch wurde, dafs sie Eisenfeilicht anzog. Ein heiterer Himmel wurde als nothwendige Bedingung angegeben, die Tagszeit des Versuchs war etwa 11 Uhr[4].

Auch BAUMGARTNER versichert[5], schon in wenigen Minuten einen Eisendraht im violetten Theile des Farbenbildes hinreichend magnetisch gemacht zu haben, um seine abstofsende Wirkung auf den Pol einer astatischen Nadel deutlich zu bemer-

1 G. XLIII. 212.
2 Ebend. XLVI. 367.
3 Poggendorf's Ann. VI. 493.
4 Mündliche Mittheilung.
5 Baumgartner's Zeitschrift für Phys. und Math. I. 270.

ken. Lady Sommerville hat die Wirkung sogar dadurch hervorgebracht, daſs sie Nadeln zur Hälfte in grüne oder blaue Bänder wickelte, die andere Hälfte mit Papier bedeckte: andere Nadeln, in rothes oder gelbes Band gewickelt, blieben unmagnetisch. Baumgartner glaubt, eine ungleiche Einwirkung auch des weiſsen Lichtes auf beide Enden der Nadel sey hinreichend, um Magnetismus zu erregen. Völlig unmagnetische Stahlnadeln wurden am einen Ende polirt dem Lichte ausgesetzt und der polirte Theil ward Nordpol. Ein Versuch, wo die Nadel nach dem Poliren noch gänzlich unmagnetisch gefunden wurde, und nachdem die verdichteten Sonnenstrahlen einer kleinen Linse auf den polirten Theil gewirkt hatten, sich stark magnetisch zeigte, scheint vorzüglich geeignet, diese Meinung zu bestätigen.' — Indeſs gestehe ich, daſs ich, bei den mannigfaltigen hier möglichen Täuschungen, die Untersuchung noch nicht als beendigt ansehe.

Farben, welche aus der Mischung der prismatischen Farben hervorgehen.

19. Schon im Vorigen habe ich erwähnt, daſs man aus den sämmtlichen Farbenstrahlen wieder Weiſs erhält, wenn man sie entweder alle, durch eine Linse gehörig gesammelt auf denselben Punct eines weiſsen Körpers auffallen läſst, oder wenn sie durch ein zweites Prisma wieder alle in eine parallele Richtung gebracht werden; aber auch einige andere Mittel, um Weiſs durch Mischung von Farbenstrahlen hervorzubringen, verdienen bemerkt zu werden. Newton behauptet zwar, man könne nicht zwei Farben aus dem prismatischen Bilde so heraus nehmen, daſs sie vereinigt ein reines Weiſs geben, indeſs erhält man dennoch eine, wenigstens für das Auge nicht vom Weiſs zu unterscheidende Farbe, wenn man zwei Farbenbilder so auf einander bringt, daſs gelb und violett, orange und blau, roth und grün zusammenfallen. Nach v. Grotthuss [1] muſs man das Roth mit dem Bläulichgrün zusammenfallen lassen, indem man zwei Farbenbilder so, daſs bei beiden violett den obern Theil ausmacht, hervorbringt; trifft dann das Violett des etwas niedriger liegenden Bildes mit dem Gelb des höheren zusammen,

1 Schweigger's Journal. III. 158.

› fällt zugleich sehr nahe das Blau auf Orange, das Grün auf oth, und bringt so ein in der Mitte weißses, am einen Ende ı Blau und Violett, am andern Ende in Orange und Roth überehendes Bild hervor. v. Grotthuss schreibt vor, man solle ie beiden Spectra etwa in 12 Fuſs Entfernung im dunkeln Zimner auf eine weiſse Wand fallen lassen, die mittleren sich verinigenden Strahlen aber auf einer näher gehaltenen schwarzen Tafel auffangen, in welcher sich nur eine kleine runde Oeffnung efindet. Wenn man die Einrichtung so macht, so giebt diese unde Oeffnung ein doppeltes Bild an der Wand, weil die vom inen Prisma herkommenden Strahlen eine andere Richtung haen, als die vom andern Prisma herkommenden. Liegt die Oeffnung in der schwarzen Tafel da, wo Gelb vom einen und Violett vom andern Prisma zusammenfallen, so sind jene Bilder n der Wand, das eine gelb, das andere violett; aber wenn man nahe hinter der schwarzen Tafel sie auffängt, so daſs sie iber einander greifen, so stellen sie Weiſs dar. Dieses Weiſs urchs Prisma angesehen, zeigt sich aber nur in Gelb und Vioett, oder allgemein in die zwei Farben, woraus es entstanden st, zerlegbar.

Wenn man, statt alle Strahlen zum Weiſs zu vereinigen, der statt diejenigen zwei Farbenstrahlen, die ein sehr nahe reies Weiſs geben, zu vereinigen, andere Farbenstrahlen vereiiget, so geben sie Mittelfarben, die zum Theil mit denen im rismatischen Farbenbilde übereinstimmen, sich aber immer daurch von diesen unterscheiden, daſs jene sich durchs Prisma n die Farbenstrahlen, woraus sie zusammengesetzt waren, zergen lassen, die aus dem Sonnenlichte unmittelbar vermittelst r Brechung hervorgehenden sich unzerlegbar zeigen. Es ist eses auch nicht so auffallend, als einige Naturforscher es darllen; denn offenbar besteht das Sonnenlicht aus einer Mannigtigkeit von Strahlen, deren Brechbarkeit nach dem Gesetze r Stetigkeit, in unmerklichen Abstufungen, verschieden ist[1], l unser Auge hat hier von denen, deren Brechbarkeit zwien Gelb und Blau liegt, die Empfindung des Grün, eben so, ı bei einer Mischung der gelben und blauen Strahlen. Die

1 Bloſs die von Fraunhofer beobachteten dunkeln Linien scheieine Unterbrechung und Abweichung vom Gesetze der Stetigkeit deuten, vgl. No. 15.

Mischung nämlich, die aus der Erleuchtung durch zwei Farben des prismatischen Sonnenbildes entsteht, giebt die zwischen ihnen liegende Farbe so daſs, wenn man das Farbenbild auf eine Glaslinse fallen läſst, aber durch einen Schirm die übrigen Strahlen abhält und nur orange und gelblich grün auffängt, ein gelbes Bild, aus Gelb und Blau dagegen Grün hervorgeht u. s. w. Um dieses deutlich zu sehen, muſs man die Linse in einem Abstande, der ihrer doppelten Brennweite gleich ist, vom Prisma entfernt aufstellen, und eben so entfernt hinter der Linse eine weiſse Tafel anbringen. Bedeckt man die so stehende Linse mit einem Deckel, in welchem zwei offene schmale Streifen, den Kanten des Prisma's parallel, sind, und läſst nun auf den einen Grün, auf den andern Orange fallen, damit diese Strahlen allein die Linse erreichen, so sieht man, wenn man die weiſse Tafel näher hinter der Linse hält, beide Farbenstreifen von einander getrennt, in der oben erwähnten Entfernung aber beide zusammenfallend, und aus Orange und Grün geht ein blasses Gelb hervor, indem die übrigen Strahlen sich zu Weiſs vereinigen, das im Orange und Grün übrige Gelb aber die einzige Färbung hervorbringt. Diese Versuche geben zugleich den Grund an, warum es möglich war, daſs Wünsch[1] die drei Farben Roth, Grün und Violett als die einfachen ansehen konnte, aus deren Mischung Gelb und Orange, wenn man Roth und Grün nimmt, Blau, wenn man Grün und Violett nimmt, hervorgehen.

Newton hat über diese Mischungen[2] viele Versuche angestellt, und giebt eine Regel, wie man die aus irgend einer gegebenen Mischung hervorgehende Farbe finden könne[3], die sich so darstellen läſst[4]. Wenn man sich jede Farbe aus dem Theile des Farbenbildes, wo sie am reinsten ist, genommen denkt, so muſs man $60\frac{3}{4}$ an Roth
$34\frac{1}{6}$ an Orange
$54\frac{2}{3}$ an Gelb
$60\frac{3}{4}$ an Grün

---

1 Versuche und Beobachtungen über die Farben des Lichts, von Wünsch. Leipz. 1792. G. XXXIV. 10. Einen interessanten Auszug mit Bemerkungen über den Inhalt findet man in Annales de Chimie LXIV. 135.

2 Optice Lib. I. Pars. 2. propos. 5. auch Exper. 13.

3 Lib. I. Pars. 2. propos. 6.

4 Biot traité de phys. III. 450.

54⅗ an Blau
34⅙ an Indigblau
60¾ an Violett

m, um in richtiger Proportion aus dieser Mischung weifs ulten. Oder noch genauer, man theile den Kreisumfang ufs

60°	45′	34″	dem Roth,
34	10	38	dem Orange,
54	41	1	dem Gelb,
60	45	34	dem Grün,
54	41	1	dem Blau,
34	10	38	dem Indigblau,
60	45	34	dem Violett

ieilt werden, so hat man das verhältnifsmäfsige Mafs der irkung jeder Farbe, welches zur Hervorbringung des Weifs erlich ist. Denkt man sich alle diese Bogen als mit Ge-m ihrer ganzen Länge nach belastet: so fällt nach der vom Schwerpuncte, des Bogens = a Schwerpunct in ntfernung $= \frac{\text{Sin.} \frac{1}{2} a}{\frac{1}{2} a}$ vom Centro, und wenn man den erpunct jedes der eben erwähnten Bogen als mit einem Ge-e der Gröfse des Bogens proportional, belastet, ansieht, lt der gemeinschaftliche Schwerpunct aller Bogen in den punct. Man kann also sagen: wenn man jene Schwer-e des rothen Bogens, des orangefarbenen Bogens u. s. w. mit den Gewichten belastet, die den eben angeführten n proportional sind, so zeigt die Lage des Schwerpunctes Iittelpuncte ein völliges Ausgleichen aller Farben, eine nigung in Weifs, an; legt man dagegen mehr Roth zu, nd die übrigen Farben wie vorhin bleiben, so rückt der erpunct auf die Seite des Roth, und offenbar wird auch die ung sich nur als röthlich zeigen, und zwar um so mehr, fernter vom Mittelpuncte sich der Schwerpunct aller Far-ndet.

Ian bestimmt die Lage des Schwerpunctes am besten durch Coordinaten, deren Lage an sich willkürlich ist, deren vir aber am bequemsten auf dem Halbmesser nehmen, der oth vom Violett trennt; die andre wird gegen diese senk-genommen. Bedeutet R den Radius, so liegt des rothen s = 60° 45′ 34″ = 1,0604. R Schwerpunct in der Ent-

...ung $= \frac{0,3037}{0,3302} = 0,9538$. R vom Mittelpunte und hat die Coordinaten $= 0,9538$. R. Cos. $30° 22' 47'' = 0,8228$ und $= 0,9538$. R. Sin. $30° 22' 47'' = 0,4823$. R. Wenn an Roth die Quantität $= r$ genommen wird, so sind (da R: gesetzt werden kann) die Momente dieses Roth in statisc Sinne $= 0,8228$. r
und $= 0,4823$. r. und hieraus läſst sich nun leicht verste daſs wenn man an Roth die Quant. $= r$,

an Orange — $= o$,
an Gelb — $= g$,
an Grün — $= G$,
an Blau — $= b$,
an Indigblau — $= i$,
an Violett — $= v$,

nimmt, man die Formeln für beide Coordinaten des Schwerpu

$$= \frac{(r+v)\,0,8228 + (o+i)\,0,2074 - (g+b)\,0,5140 - G.\,0,95}{r+o+g+G+b+i+v}$$

und

$$= \frac{(r-v)\;0,4823 + (o-i)\;0,9632 + (g-b)\;0,8137}{r+o+g+G+b+i+v},$$ erh

Es ist nämlich

$$0,8228 = \frac{\text{Sin.}\,30°\,22'\,47''}{\text{arc.}\;30\;\;22\;\;47}.\;\;\text{Cos.}\;30°\;22'\;47$$

$$0,4823 = \frac{\text{Sin.}\,30°\,22'\,47''}{\text{arc.}\;30\;\;22\;\;47}.\;\;\text{Sin.}\;30°\;22'\;47''.$$

$$0,2074 = \frac{\text{Sin.}\,17°\,5'\,19''}{\text{arc.}\;17\;\;5\;\;19},\;\;\text{Cos.}\;77°\;50'\;53''$$

$$0,9632 = \frac{\text{Sin.}\,17°\,5'\,19''}{\text{arc.}\;17°\;5'\;19''}.\;\;\text{Sin.}\;77°\;50'\;53''$$

und so ferner.

Hiernach würde man also, wenn man gleiche Antheile r und gelb $r = g$ nimmt, und alle andere Farben wegläſst o $= 0$ setzt, die beiden Ordinaten

$$= \frac{0,8228 - 0,5140}{2} = 0,1544$$

$$\text{und} = \frac{0,4823 + 0,8137}{2} = 0,6480$$

erhalten. Diese treffen, wenn man

ang $\varphi = \frac{0,6480}{0,1544}$ = Tang 76° 36′ berechnet, beinahe mit der Mitte des Orange zusammen, welche in 77° 51′ liegt. Die Entfernung des Schwerpunctes vom Mittelpuncte ist $= \sqrt{(0,1544^2 + 0,6480^2)} = 0,67$, und die Farbe nähert sich also dem Weiſs, oder sie ist so, als ob ungefähr ⅔ reines Orange mit ⅓ Weiſs gemischt wäre[1].

Diese Regel, um die aus Mischung mehrerer Farben hervorgehende Farbe zu finden, zeigt sich der Erfahrung sehr gemäſs und Biot hat z. B. die Farben der durch Anwandlung hervorgehenden Farbenringe so betrachtet; er sowohl als Newton geben danach die Farben so wie sie im ersten, zweiten und allen folgenden Farbenringen sich zeigen, an[2] und die Erfahrung entspricht diesen Bestimmungen.

20. Selbst die Mischung aus Färbestoffen läſst sich einigermaſsen nach ähnlichen Regeln betrachten; indeſs darf man nie vergessen, daſs unsere Färbemittel nie so reine Farben darstellen, als die Sonnenstrahlen. Mischen wir z. B. pulverisirte Färbestoffe, so würde, wenn auch die erleuchtete Seite jedes Körperchens seine Farbe ganz rein darstellte, doch die Schattenseite ein Dunkel oder Schwarz mit in die Mischung bringen. Ueberziehen wir eine völlig ebene Fläche mit einer Färbung, so wirft ja selbst, wenn diese Färbung aus dem reinsten Weiſs bestände, die Fläche nicht alles Licht zurück, und zeigt daher, je nachdem mehr oder minder Licht verloren geht, eine Hinneigung zum Grau. Wir dürfen uns daher nicht wundern, wenn insbesondere diejenigen Mischungen, welche Weiſs geben sollten, nur Grau geben. Man giebt die Vorschrift, um aus einer Mischung aller Farben das Weiſs hervorgehen zu sehen, solle man einen Kreis so eintheilen, daſs 60¾ Grade mit Roth, 34¼ mit Orange, 54⅔ mit Gelb, 60¾ mit Grün, 54⅔ mit lichtem Blau, 34¼ mit Indigblau, 60⅔ mit Violett und zwar jede dieser Farben möglichst schön und rein genommen, gefärbt werde,

1 Obgleich Newton durch eine nicht allzu sicher begründete Vergleichung der Farben mit den Tönen auf die Zahlenverhältnisse kam, die dieser Rechnung zu Grunde liegen, so scheinen sie doch der Erfahrung so nahe gemäſs, daſs man sie mit Nutzen gebrauchen kann.

2 Art. *Anwandlungen*. No. 11.

Wenn man den so gefärbten Kreis in eine schnelle Drehung u
seine Axe setzt[1], so folgen die Eindrücke, welche die einz
nen Farben aufs Auge machen, so schnell nach einander, d
das Auge sie nicht zu unterscheiden im Stande ist, und d
Auge sieht den ganzen Kreis mit einer Färbung, worin kei
jener Farben vorherrscht, nämlich in einem Grau, das de
minder dunkel ist, je glänzender die angewandten Farben w
ren. Auf ähnliche Weise könnte man, indem man die Dre
scheibe mit zwei verschiedenen Farben oder mit dreien u. s.
zu gleichen oder ungleichen Theilen färbte, diejenigen Misch
gen dem Auge darstellen, die diesen entsprechen und hätte d
bei wenigstens den Vortheil, dafs die Farben selbst keine A
derung durch chemische oder andere Einwirkung erlitten; i
defs mufs man immer an die erwähnte Unvollkommenheit d
gefärbten Körper denken.

Man hat auf verschiedene Weise gesucht, die Uebergä
der Farben in einander durch Mischung von Färbestoffen na
zuahmen. Das *Mayer'sche Farbendreieck* ist bestimmt, di
Fig. 20. Mischung in genau gegebenen Verhältnissen zu bewirken. I
dem man nämlich ein Dreieck so, wie die Zeichnung angie
eintheilt, und den an den Ecken liegenden Theilen reines Ro
reines Blau, reines Gelb giebt, soll man in den zwischen r
liegenden Fächern alle Abstufungen von Roth und Blau gemi
hervorbringen. In unserer Figur, wo 6 Fächer zwischen r u
b liegen, würde r reines Roth, das nächste Fach 4 Theile Ro
1 Theil Blau, das folgende 3 Theile Roth, 2 Theile Blau, d
vierte 2 Theile Roth, 3 Theile Blau, das fünfte 1 Theil Rot
4 Theile Blau, das sechste, b, reines Blau enthalten. Eb
so würden die an den beiden andern Seiten liegenden Fächer d
Uebergänge von Roth zum Gelb, vom Gelb zum Blau darstell
Die in der Mitte liegenden Fächer enthalten Mischungen
drei Farben; in der zweiten Reihe von unten solche, die 1 Th
Roth enthalten, und diesen gemischt mit 1 Theil Gelb u
3 Theilen Blau in dem Fache u, oder mit 2 Theilen Gelb u
2 Theilen Blau im Fache v, oder mit 3 Theilen Gelb und 1 The
Blau im Fache w. Will man diesen Farben noch die Abstufu

1 Eine sorgfältige Anleitung, welche Farben und wie man s
auftragen mufs, um ein möglichst schönes Weifs hervorgehen zu
hen, giebt Lüdicke. G. V. 275. XXXIV, 17. 366.

en beifügen, die durch Zumischung von Weifs entstehen, so nfs man eine Reihe solcher Dreiecke malen, wo in dem einen berall 1 Theil Weifs, in dem andern 2 Theile Weifs u. s. w. t die Mischung kommt.

Dieser Gedanke würde, um feste Bezeichnungen für die arben zu erhalten, sehr passend seyn, wenn nur nicht die asführung, wie schon Lichtenberg fand, so grofse Schwiegkeit hätte, da die Mischung nicht geradezu nach den Verltnifstheilen der Färbestoffe geschehen kann, und bei einer achten Mischung vollends die verlangten Abstufungen oft ganz erloren gehen[1].

Lambert glaubte[2] diesen Gedanken, den schon Leonardo a Vinci angegeben hatte, mit einer von Calau verfertigten Vachs ähnlichen Substanz, die mit den Farben gemischt wurde, esser zu Stande zu bringen; indefs empfehlen die Farben auf er dem Buche beigefügten Tafel (die freilich in so langer Zeit ch verändert haben mögen), sich nicht so sehr. Die *Farbenyramide* fängt unten mit einem Dreieck, dessen Seite 9, das anze also 45 Fächer enthält, an, und die Mischungen gehen hier it Achteln fort. Das zweite Dreieck enthält 7 Fächer in jeder eitenlinie und 28 Fächer im Ganzen; die Mischungen schreien nach Sechsteln fort, aber zu jeden 6 Portionen werden zwei ortionen Weifs gemischt, so dafs die Farben alle heller sind. as dritte Dreieck hat 5 Fächer auf jeder Seitenlinie, und die ckfächer enthalten nun 4 Portionen Blau oder Roth oder Gelb it 4 Portionen Weifs gemischt, und eben so haben die vermischten Farben nur 4 Portionen der ihnen zukommenden Farben und 4 Portionen Weifs. Das vierte Dreieck hat 4 Fächer i jeder Seite und die Farbenmischungen schreiten nach Dritteln rt, aber zu 3 Portionen Farbe kommen 5 Portionen Weifs. as fünfte Dreieck besteht nur noch aus 6 Fächern, die zu 6 ortionen Weifs entweder 2 Portionen Blau oder Roth oder Gelb, ler auch von je zweien derselben eine Portion enthalten. Das chste Dreieck enthält nur drei Farben, die aus 1 Roth mit 7 Veifs, 1 Blau mit 7 Weifs, und 1 Gelb mit 7 Weifs be-

1 Tob. Mayeri opp. inedita. cura Lichtenbergii. De affinitate lorum.

2 Beschreibung einer mit dem Calauschen Wachse ausgemalten rbenpyramide. Berlin 1772.

stehen. Endlich folgt noch die letzte Schicht mit ganz weifs.

Runge's *Farbenkugel*[1], welche die Mischungen d ben und ihr Uebergehen in Weifs nach der einen Se Schwarz nach der andern Seite darstellt, gehört zu den genern Versuchen dieser Art. Er denkt sich auf der Ob einer Kugel einen gröfsten Kreis gezeichnet, auf welc drei, um 120 Gr. von einander entfernten Puncten reine Blau, Gelb, aufgetragen wird. Läfst man nun von Puncten aus, Uebergänge der Farben in einander, nach mäfsig zunehmender Beimischung der benachbarten Farb finden, so kommt 60 Grade vom Blau und Gelb dasjenig vor, welches sich weder dem Blau noch dem Gelb zu s hert, von da an aber der Uebergang in Gelb auf der ei Blau auf der andern Seite; eben so ist es mit Orange u lett. Nimmt man die diesem gröfsten Kreise zugeh Pole, so erhellet nun leicht, welche Färbung jedem der einzelnen Parallelkreise zukomme; wenn ich näml einen Pol den weifsen, den andern den schwarzen nenne es wohl verständlich genug, wenn ich sage, durch irgen Punct des zuerst mit Farben ausgestatteten gröfsten Kreis nach Art der Meridiane ein gröfster Kreis nach beiden P und dieser werde mit allen Abstufungen der Farbe, die e nem trifft, zum Weifs hinüber nach dem einen Pole z zum Schwarz hinüber nach dem andern Pole zu gefär entsteht auf der Kugelfläche ein vollkommen dargestellter gang aller Farben je zwei in einander und aller in Schw Weifs hinüber. Will man Mischungen aus drei haben, man sich Durchschnitte der Kugel denken, und auf Durchmesser die Uebergänge aus einer gegebenen Misc die, welche ihr gerade gegenüber steht.

Ergänzungsfarben.

Complementairfarben (couleurs compl taires) nennt man gegenseitig diejenigen, die einand

1 Farbenkugel oder Construction des Verhältnisses aller gen der Farben zu einander und ihrer vollständigen Affinit P. O. Runge. (Hamb. 1810.)

weifs ersetzen. So ist also Gelb die Ergänzungsfarbe des Violett, welches Roth und Blau enthält, und Violett die Ergänzungsfarbe des Gelben; Grün ist die Ergänzungsfarbe des reinen Roth, und Orange die Ergänzungsfarbe des reinen Blau. Diese Farben zeigen sich bei den Newton'schen Farbenringen, die im Art. *Anwandlungen* beschrieben sind. Sieht man nämlich eine gewisse Farbe durch zurückgeworfenes Licht, so kann man sicher seyn, dafs die in eben dem Puncte durchgelassenen Strahlen und die Ergänzungsfarbe von jener zeigen, und diese Farbenringe können daher dienen, um selbst zu den sich hier findenden gemischten Farben die genauen Ergänzungen kennen zu lernen. Dafs die Abendröthe die Ergänzungsfarbe des blauen Himmels zeigt, habe ich im Art. *Abendröthe* erwähnt; wie diese Farben als sich einander *fordernde* im Auge entstehen, werde ich später in diesem Artikel zeigen, wo denn auch von den farbigen Schatten mit ihren, als Ergänzungsfarben zu einander gehörenden Farben die Rede seyn wird.

Epoptische und entoptische Farben.

22. Den Namen **epoptische** Farbe hat v. GÖTHE den Farben beigelegt, die wir unter mancherlei Umständen an der Oberfläche der Körper entstehen sehen, und unter welchen die Farbenringe, die ich im Art. *Anwandlungen* beschrieben habe, die vorzüglichsten sind[1].

Dafs diese Farbenringe, deren Beschreibung ich hier nicht wiederholen will, da entstehen, wo von einer sehr dünnen Schicht eines durchsichtigen Körpers einige Farbenstrahlen zurückgeworfen werden, während die übrigen hindurchgehen, ist so genau der Erscheinung gemäfse Behauptung, dafs man kein Bedenken tragen kann, dieses als eine Thatsache anzusehen. Auch das ist hinreichend bestätigt, dafs die Farbenstrahlen, die bei der Dicke = a der durchsichtigen Schicht unter bestimmtem Winkel zurückgeworfen werden, eben diese Zurückwerfung auch bei der Dicke = 3a; = 5a; = 7a erleiden, dagegen bei der Dicke = 2a; = 4a; = 6a; vollkommen durchgelassen werden. Zeigen sich diese Farben auf einer Luftschicht

1 v. GÖTHE rechnet mehrere Fälle hierher, von denen es zweifelhaft ist, ob sie hierher gehören, z. B. die Farben, die an dem Sprunge einer soliden Glasmasse sich zeigen.

zwischen der convexen Oberfläche eines Linsenglases un ebenen Oberfläche eines gewöhnlichen Glases, so sind es benringe, die kreisförmig um den Mittelpunct, wo beide G einander berühren, sich bilden. Die Ordnung, wie die F sich da zeigen, der Grund, warum in den äußeren Ringe mischte Farben sichtbar werden, das Größerwerden der F wenn bei veränderter Stellung des Auges die Strahlen schiefern Winkeln ins Auge kommen, ist im Art. *Anzie lungen* genauer betrachtet[1].

Wegen dieser ungleichen Größe der Farbenringe, di der Lage des Auges abhängt, entsteht der Wechsel der F bei veränderter Stellung des Auges.

Ist die Luftschicht nicht so regelmäßig, so zeigen zwischen zwei an einander gedrückten Glasplatten oder Pri eben solche Farben, die aber nun andere Linien, so wie Lage der einander gleich nahen Puncte der Oberflächen un es die Lage des Auges fordert, bilden. Eben diese Farben es, die sich auf den Seifenblasen zeigen, wo die ung dünne Schicht Wasser nach ähnlichen Gesetzen wirkt, w den vorigen Fällen die Luftschicht. Auch dünne Blät fester Körper zeigen Farben nach eben den Gesetzen. Ist lich die Dicke des Blättchens so geringe, daſs jene Zurück fung einiger Farbenstrahlen statt findet, während andere d

1 Zu der dort in No. 15. gemachten Bemerkung glaube ich etwas beifügen zu müssen. Wenn man nicht bloſs 7 Farbenst annimmt, sondern, wie es Natur gemäſser scheint, eine nac Gesetze der Stetigkeit durch unendlich kleine Abstufungen fortge Ungleichheit der Brechbarkeit: so läſst sich einsehen, daſs zwe Strahlen, deren Brechbarkeit zwischen gewissen Grenzen liegt, Auge die Empfindung des Violett geben, während doch jeder v nen seinen Weg anders, nach Maſsgabe der ungleichen Brechb fortsetzt. Der Strahl, der in der geometrischen Mitte des rei letten Farbenringes im einfarbigen Lichte von der dünnen Luft zurückgeworfen wird, mag immer vollkommen zurückgeworfe den, so wird doch immer der auf eben den Punct fallende n Strahl von etwas anderer Brechbarkeit hier durchgehen; und einfallende Strahl nie ein im strengsten Sinne einziger ist, d ein einziges Theilchen von der Brechbarkeit, die z. B. dem mittlern Violett zukommt, enthielte, so erklärt sich völlig, theils die Farbenringe eine gewisse Breite haben, theils auch da, wo eine gewisse Farbe zurückgeworfen wird, dennoch einig benstrahlen derselben Art durchgehen.

lassen werden, so zeigen sie sich dem Auge, welches re-ctirte Strahlen von ihnen erhält, in jener Farbe. Aber die ter verschiedenen Winkeln auffallenden Strahlen erleiden eine gleiche Zurückwerfung, indem andere Farbenstrahlen bei ei-m andern Winkel zurückgeworfen werden; es zeigt sich daher ils, wenn das Blättchen grofs genug ist, um diese für ver-iedene Puncte eintretende Ungleichheit der Winkel merklich rden zu lassen, eine verschiedene Farbe in verschiedenen ncten, theils bei veränderter Lage des Auges eine Aenderung r Farbe, ein Farbenspiel, das noch mannigfaltiger wird, wenn s Blättchen keine genaue Ebene darstellt, sondern hier und da ter andern Winkeln gegen das Licht und gegen das Auge ge-igt ist. Folgendes von Biot[1] entlehnte Beispiel erläutert die-s noch mehr. Er nahm ein Micablättchen (Glimmer), welches hr lebhafte Farben gab. Um es besser zu beobachten, ward horizontal auf eine schwarze Unterlage gelegt, und nun, in-m es dem Lichte glänzender Wolken ausgesetzt war, unter rschiedenen schiefen Winkeln betrachtet. Bei senkrecht ein-llenden Strahlen zeigte das Blättchen ein lebhaftes Grün, wel-ches dem dritten Farbenringe (und dieser entsteht bei Luftschich-ten, wenn die Dicke $\frac{252}{10000000}$ eines engl. Zolles ist[2]), zu ent-sprechen schien; liefs man dagegen bei einer andern Stellung les Auges die schiefer einfallenden Strahlen ins Auge gelangen, so ging die Farbe zum Blau, zum Purpur, zum Roth über, und las letztere, anfangs etwas dunkel, erhellte sich jemehr und mehr, je kleiner der Winkel zwischen dem Strahle und der äche wurde. Aus der Folge dieser Farben liefs sich schliefsen, lafs das letzte Roth zwischen dem Ponceauroth und dem glän-enden Roth des zweiten Farbenringes liege, (Farben, denen im ittel die Dicke $= \frac{190}{10000000}$ in einer Luftschicht bei senk-echten Strahlen entspricht.) Dafs diese Farben wirklich den gegebenen Farbenringen der dritten und zweiten Ordnung tsprechen, läfst sich noch näher nachweisen, wenn man nach n Formeln[3] (Art. *Anwandlungen* No. 13. 14.) rechnet. Ist

1 Biot Tr. d. phys. IV. 79.
2 Vergl. Art. *Anwandlungen*. S. 312.
3 Biot IV. 27.

nämlich $\frac{m}{n}$ das Brechungsverhältnifs für Glimmerblättchen, so würde $\frac{m}{n}$ 25,2 Milliontheilchen die Dicke seyn, wobei sie jenen grünen Strahl senkrecht zurückwerfen, und $\frac{m}{n}$. 19. Sec. u $= \frac{m}{n}$.25 Millionth. würde, wenn Sin. u $= \frac{105 + \frac{m}{n}}{106}$ Sin. r ist, die Dicke für den rothen Strahl der zweiten Ordnung ausdrückt, wenn r der Brechungswinkel ist. Die erste Gleichung giebt hier Cos. u $= \frac{19}{25,2}$; u $= 41° 3' 50''$.

Sin. u $= 0,6569 = \frac{105 + \frac{m}{n}}{106}$ Sin. r, welches, weil Sin. r $= \frac{n}{m}$ ist, wenn der Einfallswinkel $= 90°$ ist,

Sin. u $= 0,6569 = \frac{105}{106} \cdot \frac{n}{m} + \frac{1}{106}$; $\frac{n}{m} = 0,6536$; $\frac{m}{n} = 1,53$ giebt.

Aus den beiden Farbenbeobachtungen ergiebt sich also, dafs das Brechungsverhältnifs $= 1,53$ für das Glimmerblättchen seyn mufste, und dieses Brechungsverhältnifs ist dem, was ähnliche Körper (Bergkrystall $= 1,56$, Doppelspath $= 1,66$, Crownglas $= 1,53$) geben, recht wohl entsprechend.

Mit diesen auf der Oberfläche der dünnen Blättchen erscheinenden Farben sind immer Erscheinungen ähnlicher Art vermöge der durchgelassenen Farbenstrahlen verbunden. Wird nämlich bei auffallendem weifsen Lichte eine Farbe zurückgeworfen, so müssen die sämmtlichen durchgelassenen Strahlen die Ergänzungsfarbe (No. 21) zu jener bilden. Dafs diese sich wirklich zeigt, ist schon im Art. *Anwandlungen* gesagt; sie ist aber matt oder mit Weifs vermischt, weil immer auch Farbenstrahlen der Art, die zurückgeworfen werden, die wenigstens dem Auge eben die Farbenempfindung erregen, durchgehen, wovon ich den Grund kurz vorher in der Anmerkung angegeben habe.

Uebrigens gehören hierher die bunten Farben, die man oft, wenn Wasser mit einem sehr dünnen Häutchen bedeckt ist, auf

emselben sieht[1]. Auch das Anlaufen des Stahls rechnet man ierher, indem auch die hierbei entstehenden Farben einer sehr lünnen Schicht anzugehören scheinen.

23. Was wir hier durch sehr dünne Blättchen bewirkt sehen, kann sich auch auf dickeren Platten durchsichtiger Körper igen. Am schönsten geschieht dieses bei den SEEBECK'schen rbenerscheinungen; wo einige Lichtstrahlen durch Polarisirung fähig gemacht sind zurückgeworfen zu werden, und andere ige Lichtstrahlen dagegen vollkommen reflectirt werden se Farbenerscheinungen, die SEEBECK *entoptische* nennt, l sie den Anschein haben, als entständen sie im Innern Körper, scheinen gleichwohl mit den vorigen auf dünnen ttchen, die man ebenfalls durch polarisirte Strahlen schön en kann, in eine Classe zu gehören[2]. Die Beschreibung der en Farbenphänomene, die mit der Polarisirung des Lichtes unden sind, mufs ich hier übergehen.

Eine Erscheinung, die NEWTON beschreibt, und die er sowohl als BIOT hierher rechnet, führe ich an, ohne zu entschei-, ob sie wirklich hierher gehört. Er liefs auf einen gläser- Hohlspiegel Licht durch eine kleine Oeffnung fallen und ekte nun theils durch das zurückgeworfene Licht Farbenringe diese Oeffnung oder auf einer dem Spiegel gegenüber geen weifsen Fläche, theils sah er auch, wenn er das Auge die Stelle brachte, wo sich auf der Tafel die Ringe gezeigt , den Spiegel selbst mit Farbenspiel bedeckt. Ich werde über im Art. *Farbenringe* noch etwas mehr sagen[3].

Katoptrische Farben.

24. Obgleich alle eben beschriebenen Farbenphänomene durch reflectirtes Licht hervorgehen, so führt doch v. ur unter dem Namen *katoptrischer Farben*[4] einige andere heinungen an, die allerdings eine eigene Classe zu bilden

---

Vorzüglich schön und schnell wechselnd sieht man sie, wenn n einem Metalldraht einen kleinen Tropfen ätherischen Oeles e Oberfläche von Wasser bringt.

Vgl. Art. *doppelte Brechung*. No. 14. und Art. *Polarisirung Lichts*.

Biot. IV. 175.

Farbenlehre I. S. 142.

scheinen. Die Erscheinungen sind zum Theil bekannt genug. Wenn man z. B. eine polirte Silberplatte nimmt, in welch sich aber einige feine Linien eingerissen befinden, so ersch nen an diesen bunte Farben, besonders Grün und Purpur. Lä man eine Silberplatte von Scheidewasser so anfressen, dafs d Kupfer* aufgelöfst wird, so bietet die nun nicht mehr g gleiche Oberfläche glänzende mit bunten Farben gezierte Pun dar. Etwas ähnliches zeigt sich überall, wo eine nicht g gleichförmige Oberfläche Licht zurückwirft, an den Fäden d Spinnengewebe, an Haaren, endlich vorzüglich schön und m nigfaltig am Perlmutter.

Dafs diese Farben durch sehr feine Furchen in der übrig polirten Oberfläche entstehen, hat schon Young erkannt, d diese Farben aus dem Zusammentreffen zweier Lichtporti erklärt, deren eine an der einen Seite, die andere an der and Seite der Furche zurückgeworfen wird[1]. Er stellte seine Be achtungen an Mikrometern an, die in Glas eingerissen, 5 Parallellinien auf den Zoll enthielten[2].

Einen Gebrauch von diesen gefurchten Flächen, um sch ins Auge fallende Farben-Erscheinungen zu bewirken, hat Bart zuerst öffentlich bekannt gemacht. Eine sehr genau gearbeit Theilmaschine erlaubt ihm, Linien in Stahl einzuschneiden, nur $\frac{1}{10000}$ Zoll von einander entfernt sind, und die Kunst, die ihm sogenannte *Iris ornaments*, Regenbogen-Verzierung zu machen, besteht darin, dafs er diejenigen Theile der M flächen, die zu diesen Verzierungen bestimmt sind, mit g entfernten Linien versieht. Wenn er die Linien in m kleinen Abständen von einander einschnitt, so zeigten sich das Hauptbild eines leuchtenden Punctes begleitenden Farb bilder jenem Hauptbilde näher und standen auch selbst eina näher; sind dagegen die Parallellinien sehr nahe an eina so stehen die Bilder weiter von einander ab und sind sehr l haft. Im Sonnenlichte zeigen diese gefurchten Flächen Farbenspiel, das Barton mit den schönen Lichtblitzen Diamants vergleicht. Bei so eng gezogenen Linien, dafs 5000 10000 auf den Zoll kamen, zeigten sich die Bilder am schönst

1 S. Art. *Interferenzen.*

2 Gilb. Ann. XXXIX. 186.

3 Edinburgh philos. Journ. No. XV. p. 128. und Gilb. A

Ehe ich zu dem übergehe, was BIOT und FRAUNHOFER zur Erklärung dieser Phänomene gesagt haben, will ich vorher ein zur Beobachtung derselben sehr brauchbares Instrument beschreiben, welches von dem sehr geschickten Mechanicus HOFFMANN in Leipzig angegeben ist. An der Axe A, die vermittelst des in der Figur sichtbaren runden Kopfes gedreht werden kann, ist im Innern des 1 Zoll hohen Cylinders, dessen Grundfläche die Figur zeigt, eine schön polirte Stahlplatte befestigt, auf welcher mit einer sehr genauen Theilmaschine feine Linien mit Diamant in gleichen Abständen eingerissen sind; die Linien fallen am zweckmäſsigsten aus, wenn man 3000 auf den Paris. Zoll nimmt. Diese kleine mit feinen Linien erfüllte Fläche erhält, da das cylindrische Gefäſs sonst überall geschlossen ist, einzig durch einen in der krummen Fläche des Cylinders bei B offen gelassenen Spalt, den man durch einen Schieber nach Willkür verengen kann, auffallendes Licht; die zweite Oeffnung C des cylindrischen Gefäſses, auf welche das 8 Zoll lange Rohr CD, ohne Gläser[1], aufgeschraubt ist, weiset dem Auge seine zur Beobachtung angemessene Stelle an; das Rohr enthält bei C eine Blendung, welche nur eine, der lineirten Fläche gleiche Oeffnung hat. Am Umfange des Kreises CB ist eine Gradtheilung, die ihren Anfangspunct da hat, wo die Axe des Rohres liegt; sie giebt halbe Grade an, und ein mit der Axe A verbundener Zeiger, der immer eine senkrechte Lage gegen die Spiegelplatte behält, zeigt bei jeder Stellung der Stahlplatte den Winkel an, den die Gesichtslinie mit dem Einfallslothe macht. Fig. 21.

Um hier die Farbenfolgen, die vermöge der eingerissenen Linien sich zeigen, auf einmal zu übersehen, kann man das Rohr abschrauben und das Auge dicht an C bringen. Stellt man dann den Zeiger auf $32\frac{1}{2}°$, (weil zwischen der Lage des Auges und des Spalts 65 Grade enthalten sind) und läſst nur einen sehr engen Spalt offen, so sieht man das Bild des durch diesen Spalt

XXIV. 379. Solche irisirende Knöpfe werden jetzt in England und in Frankreich aus Messing verfertigt, indem man auf ihre Ebene die gefurchten Flächen mit Stempeln aufträgt. Gegen das helle Sonnenlicht gehalten reflectiren sie gegen eine weiſse Papierfläche einen Kreis mit sehr vielen höchst lebhaften prismatischen Farbenbildern.

1 In der Figur nicht in seiner ganzen Länge gezeichnet.

sein Licht hereinsendenden Himmels als Spiegelbild in der Mitte des Gesichtsfeldes, daneben an beiden Seiten einen dunkeln Raum, an welchen sich dunkel violett, blau, grün, gelb, roth, so anschliefst, dafs Roth in dieser Farbenfolge den entferntesten Platz einnimmt. An diese erste Farbenfolge schliefst sich eine zweite, — nur durch einen kleinen dunkeln Raum von jener getrennt, — die breiter aber minder lebhaft ist und eben die Farben enthält. Die dritte Farbenfolge, die noch mehr Raum einnimmt, bekömmt man zu sehen, wenn man den Zeiger bis zu 26° fortrückt, sie fängt mit einer wenig erleuchteten Farbenmischung, die sich als ein sehr dunkles Grün zeigt, an; daran grenzt ein ins Rothe fallendes Violett, dem ein reines Blau (das Blau der dritten Ordnung) folgt. Dreht man den Zeiger weiter, so zeigt sich ein schmutziges, ins Gelbliche hinübergehendes Weifs, dann reines Gelb, schönes helles Roth, Purpur, Blau (also Blau der vierten Ordnung); diese Farben treten nach und nach, so wie man weiter dreht, ins Gesichtsfeld, und endlich folgt mit immer minderem Lichte Grün, schmutziges Gelblichgrün, an welches röthliches Violett grenzt, und zuletzt das fünfte Blau, wenn das Auge senkrecht in den Spiegel sieht. An der andern Seite ist die Folge der Farben ziemlich, jedoch nicht ganz so; der Unterschied hat seinen Grund in der beim Drehen der Axe anders bestimmten Lage der Spiegelfläche gegen das Auge.

Bedient man sich des Rohres, das eine enge Oeffnung, um dem Auge seinen bestimmten Platz anzuweisen, hat, so kann man genauer angeben, wann jede Farbe in der Mitte des Gesichtsfeldes erscheint. Richtet man dann den offenen Spalt nach der Sonne zu und stellt das Auge so, dafs es von dem zurückgeworfenen Glanze nicht zu sehr geblendet wird, so erscheinen nicht blofs die auf der Stahlplatte sich darstellenden Farben im schönsten Glanze, sondern man sieht auch den Wiederschein derselben an der innern Wand des Rohres ganz wie prismatische Bilder vorbeigehen.

Um über die genaue Lage, wobei jede einzelne Farbe reflectirt wird, unterrichtet zu seyn, mufs man die verschiedenen durch das Prisma getrennten Farbenstrahlen auf den Spalt fallen lassen, wobei man zugleich die Farben-Erscheinungen auf eine ungemein schöne Weise, jede Farbe vollkommen rein und bei

ttwährend geänderter Stellung der Axe periodisch mit erneuern Glanze wiederkehrend sieht[1].

Biot erklärt diese Phänomene eben so, wie die bei der eugung[2] entstehenden. Er beobachtete ihr Entstehen theils af sehr schmalen, oder wegen der sehr geneigten Lage des nfallenden Strahles wenigstens als sehr schmal erscheinenden olirten Flächen, theils auf gefurchten Flächen. Im letzteren alle nimmt er an, die im Boden der Furche reflectirten Strahm würde an den Rändern der Furche der Wirkung der Beuung oder Diffraction ausgesetzt; aber auch die schmalen, zwichen den Furchen liegenden Streifen werfen seiner Meinung ach ein durch Diffraction modificirtes Licht zurück[3].

Auch Fraunhofer stimmt in diese Erklärung ein. Er iefs das Licht von einer mit Goldblättchen belegten Glasplatte, wo im Goldblättchen feine Parallellinien radirt waren, zurückwerfen, und fand eben solche Farbenspecter, als wenn das icht durch ein aus nahe bei einander stehenden Parallellinien ebildetes Gitter gegangen wäre[4].

25. Ueber das *Farbenspiel auf Perlmutter* hat Brewster enaue Beobachtungen angestellt[5]. Auch da hängt das Phänomen von Furchen auf der Oberfläche ab, und zeigt sich am reelmäfsigsten, wenn die Blättchen parallel sind. Betrachtet man ie Oberfläche des Perlmutter mit starker Vergröfserung, so erennt man diese Furchen, die sich durch kein Schleifen oder olìren fortschaffen lassen. Bei regelmäfsiger Bildung des Perlmutter sind diese feinen Furchen parallel, sonst oft auch in allerlei Richtungen gekrümmt. Die Furchen sind zuweilen schon it achtmaliger Vergröfserung zu erkennen, oft aber so eng, afs man 3000 Furchen auf einen Zoll rechnen kann. Drückt an die Oberfläche des Perlmutter in Kitt, in feines schwarzes egellack, in Wachs, in arabischen Gummi, in Goldblättchen,

1 Eine umständlichere Erzählung würde hier zu viel Platz rau-, ich hoffe sie an einem andern Orte mitzutheilen. Das Instrut selbst möchte ich das *Hoffmann'sche Inflexioskop* nennen, da es Erscheinungen der Inflexion zeigt. Hoffmann selbst nennt es *omadot*, Farbengeber.

2 S. Art. *Inflexion*.

3 Biot Tr. d. ph. IV. 772.

4 Schuhmacher's astron. Abh. 2tes Heft. S. 97.

5 Philos. Trans. for 1814. p. 397.

die auf Wachs liegen, ab, so zeigen diese Körper eben d
Eigenschaften in Beziehung auf das reflectirte Licht.

Nach Brewster's Beobachtungen zeigt sich auf regelmä gen, gut geschliffenen, aber nicht polirten Perlmutterstück aufser dem Hauptbilde eines Lichtes noch ein doppeltes farbi Nebenbild, und die Lage dieser Bilder hängt von der Stell der Perlmutterplatte ab. In dem schön gefärbten Nebenbil welches dem Hauptbilde am nächsten lag, zeigte sich das Bl diesem am nächsten; das entferntere Bild lag immer mit je beiden in derselben geraden Linie, zeigte sich als eine und licher begrenzte Licht-Erscheinung, die bei grofsen Einfall winkeln schön roth, bei kleinern grün, bei noch kleinern ge lich weifs war; die Farben hingen mit von der Dicke des Blä chens ab. Wird die Oberfläche polirt, so sieht man an der e gegengesetzten Seite ein dem ersten Nebenbilde ähnliches Bild

Ich bin ungewifs, ob auch das Opalisiren hierher geh es scheint ebenfalls in der Lage der Blättchen des opalisirend Körpers — des Opals, des Schillerspaths, des Labradors, d opalisirenden Muschelmarmors — seinen Grund zu haben. O das Farbenspiel des Dichroits und ähnlicher dichroitisch farb spielender Körper mehr hiermit oder mit der Polarisirung d Lichts zusammenhängt, scheint auch noch unentschieden.

Paroptische Farben.

26. *Paroptische* nennt v. Göthe die Farben, die sich um das durch sehr enge Oeffnungen in das dunkle Zimmer einfal lende Licht zeigen. Man hat sie auch perioptrische genannt Da das, was man, um sie zu erklären, anführt, im Art. *In flexion* vorkommt, so erzähle ich hier nur kurz die Erschei nungen.

Läfst man den Sonnenstrahl durch eine nicht allzu klein runde Oeffnung in das dunkle Zimmer einfallen, und fängt m ihn auf einer weifsen Tafel auf, so zeigt sich das runde Sonnen bild gleichförmig weifs. Stellt man aber diesem Strahle ein undurchsichtigen Körper entgegen, in welchem nur eine Oeff nung wie ein feiner Nadelstich angebracht ist: so zeigen sich um das auf einer weifsen Tafel aufgefangene, von den durch

1 Der Art. *Zurückwerfung*, ungewöhnliche, wird das Nähere angeben.

se kleine Oeffnung gehenden Strahlen hervorgebrachte Son- nbild farbige Kreise. Diese Farbenringe haben ihr Violett d Blau innen, ihr Orange und Roth aufsen. Bringt man das ige an die kleine Oeffnung und sieht nach der gröfsern, durch elche das Licht eingelassen wurde, so sieht man diese mit rbenringen umgeben, die nichts anders sind, als der Eindruck en derjenigen Farben auf die Netzhaut des Auges, welche wir i dem vorigen Versuche an der Wand sahen.

Wie viel schöner diese Farben-Erscheinungen sich zeigen, nn man den leuchtenden Gegenstand durch ein Netz sehr ner gleich weit von einander gezogener Fäden ansieht, hat AUNHOFER. sorgfältig untersucht und beschrieben. Die wie- rholten Farbenbilder kehren immer ihr Violett gegen das Haupt- ld zu, ihr Roth davon abwärts. Aehnliche farbige Bilder der ichtflamme sieht man, wenn man zwischen den Augenwim- rn durch auf die Lichtflamme blickt. Am schönsten nimmt an sie wahr, wenn man die unbeschädigte Fahne einer Raben- ler vor das Auge hält, und die Sonne hindurch anblickt. Die scheinungen, wie sie durch zwei oder mehr einander ganz he feine Oeffnungen sich darstellen[1], findet man bei FRAUN- ofer abgebildet.

Man erklärt aus diesen paroptischen Erscheinungen die Höfe n Lichter und um Sonne und Mond, die durch Dünste oder olken hervorgebracht werden.

Natürliche Farben der Körper.

27. Es ist eine bekannte Erfahrung, dafs die Farbe der örper, die wir ihre *natürliche Farbe* nennen, von dem auf fallenden Lichte abhängt. Die Gegenstände, die wir im llen Tageslichte weifs nennen, erscheinen uns roth, wenn die h untergehende Sonne sie bescheint, und wegen des gelben chtes, welches unsere Kerzenlichter und Lampen geben, ir- n wir uns nicht selten in der Farbenbestimmung, indem wir Kerzenlichte zuweilen das für grün halten, was uns am Tage u erscheint u. s. w. Noch auffallender wird dieses, wenn farbige Licht, wie es von durchsichtigen, farbigen Körpern chgelassen oder durch Zerlegung der weifsen Strahlen vom

1 Fraunhofer über neue Modificationen des Lichts in Schuma- 's astron. Abh. 2tes Heft.

Prisma hervorgebracht wird, die Körper erleuchtet; denn es erscheint uns im blauen Strahle des durchs Prisma gebrochenen Lichtes ein Körper, der irgend bedeutend viel Licht zurück wirft, blau, wenn er auch im gewöhnlichen Lichte roth erschien.

Die auffallendsten Beweise für die Behauptung, daß die Farben der erleuchteten Körper von dem Lichte, welches auf sie fällt, abhängen, geben einige künstliche Beleuchtungen. Wenn man einen baumwollenen Docht mit gewöhnlichem Küchen-Salze stark einreibt, so daſs er viele Salztheilchen zwischen seinen Fäden enthält, und ihn dann in eine Weingeistlampe gesetzt anzündet, so giebt er ein hinreichend helles, fast ganz einfarbiges, gelbes Licht. Von der zwar nicht ganz vollkommen, aber doch sehr wenig von der Vollkommenheit abweichenden — Homogeneität dieses Lichts überzeugt man sich, wenn man die Flamme durch ein Prisma besieht, wo sich an ihr gar kein Roth oder Grün, oder Blau, sondern neben der rein gelben Flamme nur ein sehr mattes violettes Bild zeigt; dieses Violett ist aber so matt, daſs es auf die gleich zu beschreibenden Phänomene keinen merklichen Einfluſs zeigt, so daſs ich die Flamme beinahe als ein einfarbiges Gelb ansehen darf. Diese Flamme zeigt nun im völligen Dunkel eine völlige Aufhebung aller Farben, das Gelb ausgenommen. Alles Roth, das ein wenig ans Gelbe grenzt, zeigt sich in diesem Lichte schmutzig gelb, aber durchaus ohne Roth. Ein Roth, das ganz von Gelb frei ist, erscheint schwarz oder allenfalls ein wenig in Braungelb hinübergehend; helles Grün, helles Blau erscheint grau oder gelblich-grau. Betrachtet man zum Beispiel die schöne Farbentafel in GÖTHE's Farbenlehre (Tab. III), so erscheint das Weiſse und Gelbe gelblich-weiſs, das Roth schwärzlich-grau, das Blau völlig schwarz; daſs andere Farben vorkommen, bemerkt man durchaus nicht[1].

Wenn wir also einem Körper eine Farbe beilegen, die ihm eigenthümlich ist, so darf man dieses zwar nicht so verstehen, als ob diese Farbe ihm, wie Härte, Weichheit und andere Eigenschaften, immer eigen sey; denn ohne Licht ist die Farbe nichts. Aber gleich wohl ist der Ausdruck, die Farbe

---

1 Mehrere ähnliche Versuche beschreibt TALBOT Edinb. Journ. of Science. No. IX. p. 77. BREWSTER's monochromatische Lampe leistet etwas Aehnliches. Poggendorf's Annalen II. 98.

dem Körper *natürlich* und *eigenthümlich*, deswegen ver-tet, weil er die Eigenschaft besitzt, da, wo alle Farbenstrah-, im weifsen Lichte, ihn treffen, unserm Auge gerade die-igen Farbenstrahlen zuzusenden, die wir als seine eigen-imliche Farbe ansehen. Indefs darf man nicht glauben, dafs r rothe Körper einzig die rothen Strahlen zurückwerfe. Dafs ses nicht im strengsten Sinne so sey, erhellet schon daraus, il der Körper sonst im blauen Sonnenlichte, wie das Prisma darstellt, vollkommen dunkel erscheinen müfste, wenn er nzlich unfähig wäre, andere als rothe Strahlen zurückzuwerfen; zeigt sich uns aber auch, wenn wir gefärbte Körper durch s Prisma betrachten, wo sie sich uns fast allemal mit Far-rändern, worin andere Farben kenntlich sind, zeigen. Die erfläche der rothen Körper wirft nämlich zwar vorzüglich thes Licht zurück, und absorbirt einen grofsen Theil der übri-n Farbenstrahlen oder macht sie unwirksam; aber dennoch ist st immer noch ein geringer Antheil weifsen Lichtes dem ro-en beigemischt und so in allen Fällen [1].

Wie es sich mit der Modification des Lichtes eigentlich rhält, vermöge welcher gewisse Farbenstrahlen von den Kör-rn vorzugsweise zu unserm Auge gelangen, ist schwer zu be-mmen, doch geben folgende Ueberlegungen einige Aufschlüsse, enn sie gleich noch vieles zu erklären übrig lassen. Eben so ie bei den weifsen Körpern immer ein grofser Theil des Lich-s verloren geht, und nur ein Theil in dem, was wir Er-uchtung einer Fläche nennen, uns sichtbar wird, eben so ge-hieht es auch hier, nur mit dem Unterschiede, dafs dieses rloren gegangene Licht hier nicht für alle farbigen Strahlen ei-rlei Verhältnifs zu dem zurückgeworfenen oder von der Ober-che des Körpers zurückgesendeten Lichte hat. — Auch bei n Körpern, die wir weifs nennen, ist die Menge des absor-ten Lichtes sehr ungleich und das Weifs neigt sich zum Grau ı, wenn die erleuchtete Fläche wenig Licht zurückgiebt; eben ist es auch bei den farbigen Körpern, aber da hier die Ab-rption für jede Art von Strahlen eine andere ist, so entsteht unendliche Mannigfaltigkeit von Farben und Farbenmischun-

1 Indefs zeigen die eben erwähnten Versuche, dafs diese Bei-chung doch oft sehr geringe ist.

gen in allen auch nur möglichen Graden von Lebhaftigkeit u
Glanz, von Helle oder Tiefe.

Von dem Einflusse, den die absorbirten Strahlen auf d
Körper haben, der sie anscheinend in sich aufnimmt, wis
wir wenigstens das, dafs sie auf die Erhöhung der Tempe
einwirken, und dieses ziemlich in einem Grade, den man
Menge des absorbirten Lichtes proportional nennen mö
wenn gleich diese Menge nicht so genau bestimmbar ist.

Boyle hat schon durch eine Reihe von Versuchen da
her bestimmt, was allerdings schon aus gewöhnlicher Erfah
bekannt seyn mufste, dafs schwarze Körper sich mehr erhit
als weifse. Er zeigte auch, dafs schwarze Körper wenig W
me reflectiren[1]. Später hat Franklin, indem er das Schm
zen des Schnees unter darauf gelegten ungleichfarbigen K
pern beobachtete, die Ungleichheit der Erwärmung bei v
schiedene Farben nachgewiesen. Etwas mehr leisten Les
Versuche[2], der die Kugeln von Thermometern mit verschie
nen farbigen Ueberzügen versah, und das ungleiche Ste
der Thermometer beobachtete. Er liefs auch das von farbig
Flächen reflectirte Licht oder vielmehr die reflectirte Wä
auf Thermometer mit geschwärzten Kugeln fallen, und fand,
rothe Flächen fast eben so viel Licht als weifse zurückwa
blaue Flächen dagegen warfen am wenigsten Licht zurü
Böckmann hat ähnliche Versuche angestellt, die überha
die verschiedenen Umstände, von denen die Erwärmung d
die Sonne abhängt, betreffen[3].

28. Unter den Erklärungen, wie das Licht an der Ob
fläche der Körper modificirt werde, um uns diese als versch
denfarbig zu zeigen, hat die von Newton[4] aufgestellte Vergl
chung mit den Farben dünner Blättchen am meisten Beifall b
den Physikern gefunden. Man könnte die Frage, warum ei
bestimmte Fläche nur die bestimmte Art von Farbenstrahlen
eigenthümliche Farbe des Körpers aussendet, dadurch bea
worten, dafs man jedem Körper eine bestimmte Affinität zu

1 Priestley's Geschichte der Optik. S. 117. der Uebers.

2 Gilb. Ann. X. 90.

3 Gilb. Ann. X. 359. XII. 404. Böckmann über die Fähigk
verschiedener Körper, durch die Sonne erwärmt zu werden.

4 Optice Lib. 2. Pars. 3.

schiedenen Lichtstrahlen zueignete; aber Newton glaubte Erscheinungen mehr Genüge zu thun, indem er ohngefähr gende Ansicht faſste:

Bekanntlich entsteht Zurückwerfung der Lichtstrahlen an r hintern Seite durchsichtiger Körper da, wo der Strahl in die ft hervorgehen sollte. Im Allgemeinen findet Zurückwerfung s Lichtes da statt, wo ein Uebergang aus einem Mittel in ein deres von mehr oder minderer Brechungskraft vorkömmt, und ist um desto stärker, je gröſser diese Ungleichheit der brenden Kraft ist.

Die undurchsichtigen festen Körper scheinen aus sehr dünn, durchsichtigen Theilchen zu bestehen, deren Zwischenme mit Materien, die das Licht weit weniger brechen, angett sind, und die Undurchsichtigkeit entsteht durch die wieholten Zurückwerfungen im Innern der Körper. Diese dünn Blättchen, aus welchen die Körper zusammen gesetzt sind, üssen nun, nach Maſsgabe ihrer Dicke und Brechungskraft ld die eine, bald die andere Art von Farbenstrahlen leichter rückwerfen, während sie die ihnen zugehörenden Ergänzungsrben leichter durchlassen, gerade so wie es im Art. *Anwandngen*, und oben bei Gelegenheit der *epoptischen Farben* geigt ist.

Einen nicht unwichtigen Beweis für die Richtigkeit dieser ypothese giebt das Verhalten dünner Goldblättchen, wenn an sie auf helles, weiſses Glas aufklebt, in welchem Falle sie e natürliche Farbe des Goldes reflectiren, die grüne aber durchssen. Prevost[1] hat aber gezeigt, indem er das Licht wieerholt von den nämlicheu polirten Metallflächen reflectirt wern lieſs, daſs alle Metalle durch das zugleich zurückgeworfene ele weiſse Licht eine andere Farbe zeigen, als sie wirklich ben, und daſs es somit namentlich kein eigentlich weiſses etall giebt. Das Gold erschien auf diese Weise roth, und in n dünnsten Blättchen zeigt es also durch Reflexion die durch les Weiſs zum Gelben modificirte rothe Farbe, während die ine Farbe durchgelassen wird, welche jener als complemene zugehört[2]. Mit andern Metallen, deren vielleicht keines ttchen von hinlänglicher Feinheit liefert, hat man bisher

1 Ann. Ch. et Ph. IV. 192. 436.

2 Vergl. oben No. 21. unten No. 29.

noch keine Versuche zur weiteren Prüfung der Sache
gestellt.

Bei einigen Körpern bemerken wir die Uebereinstim
ihrer Farben - Erscheinungen mit denen dünner Blättchen da
noch auffallender, daſs sie uns bei verschiedener Stellung
Lichts und des Auges andere Farben darbieten, wie zum B
spiel die Federn des Pfauenschweifes. Da aus den Beobacht
gen der von dünnen Blättchen zurückgeworfenen und durch
lassenen Farbenstrahlen bekannt ist, wie diese Farben von
Dicke der Blättchen und der Brechungskraft derselben abhän
so läſst sich umgekehrt aus der Farbe eines Körpers auf
Gröſse dieser Theilchen zurückschlieſsen; jedoch muſs man
bei mit Sicherheit angeben können, zu welcher Ordnung
Farbenringe die Farbe des Körpers zu rechnen sey. Das r
reine und lebhafte Roth und Gelb kömmt nur in der zwe
Ordnung der Farbenringe vor; in der ersten und dritten O
nung ist es zwar auch noch ziemlich lebhaft, aber das Gelb
ersten Ordnung ist doch matter, und das Gelb und Roth
dritten Ordnung mit Blau und Violett gemischt; die grü
Farben sind in der dritten Ordnung am reinsten; das reinste
glänzendste Weiſs muſs man als der ersten Ordnung zugeh
ansehen, (z. B. die weiſsen Metalle,) minder reines Weiſs
gegen entsteht bei gröſserer Dicke der Theilchen aus einer M
schung aller Farben.

Dies sind ungefähr Newton's Ansichten, auf welch
und andere Physiker weitere Schlüsse gebaut haben. Br
macht die Bemerkung, daſs der Einwurf, es müsse sich bei and
Lage des Auges gegen die Fläche, welche das Licht auffän
eine andere Farbe zeigen, gehoben werde, wenn man dies
kleinen Theilchen der Körper eine sehr starke Brechungskr
beilege, — und diese könne stark seyn, wenn auch der Körp
im Ganzen das Licht nicht so sehr breche[1].

Einige chemische Veränderungen der Farben, wohin m
auch die allmäligen Farbenwechsel im Pflanzenreiche rechn
kann, glaubt Biot auch nach dieser Ansicht erklären zu kö
nen. Das Grün der Blätter ist von Newton mit Grund als
Grün der dritten Ordnung angesehen worden. Wenn nun ir
gend eine Aenderung, z. B. beim Welken der Blätter, vorgeh

1 Biot IV. 126. 132.

durch die Dicke der Theilchen eine Zunahme und die Farbe ie absteigende Aenderung (nach der Ordnung der Farbenringe steigend) erleidet, so muſs dem Grün ein Gelb, dann Orange, nn Roth folgen, so wie das Abwelken weiter fortschritt. ior glaubt, so lange die vegetative Kraft sich noch mehr nd mehr entwickelt, gehe die Farbe zu Ringen steigender Ordnung über, hingegen zu herabsteigender Ordnung, wenn die nze zu welken anfängt. Die jungen Eichenblätter gehen m Roth ins Gelblichgrün und Grün über, so wie in dem ten Farbenringe durch zurückgeworfene Strahlen die Farben ander folgen, wenn man von den äuſsersten Farben in demben nach innen fortschreitet. Wenn die Blume des Geiſsttes sich öffnet, so zeigt sie ein reines Weiſs der ersten Ordng, welches sich nach und nach ins Gelbliche zieht, wenn e welkt[1]. Das Geranium sanguineum hat in seiner besten the ein violettliches Roth, welches als der Uebergang von m Roth der ersten Ordnung zum Violett der zweiten Ordnung zusehen ist; beim Welken wird sie blau — blau der zweiten dnung. —

Nach diesen Ansichten hat man nun bei mehrern Körpern e Dicke der Blättchen anzugeben gesucht. Das tiefste Schwarz, o fast im strengsten Sinne gar kein Licht zurückgeworfen ward, obachtete Brewster an einem merkwürdigen Stücke Quarz, s an seinem Bruche vollkommen schwarz erschien; er beerkt, dieses müsse dasjenige wahre Schwarz seyn, welches ı Glas nur dann entsteht, wenn das Blättchen ¼ des Millionels eines Zolles dick ist, und so dick etwa müſsten die Quarzilchen hier seyn[2].

Newton selbst hat schon ähnliche Betrachtungen über die öſse der Quecksilbertheilchen angestellt[3], die Biot auf Gold, ber u. a. erweitert.

29. Die *Intensität* des farbigen Lichtes, welche feste Kör- zurückwerfen, hat Lambert untersucht[4]. Um zum Bei-

---

1 Daſs Roth der auffallenden Blume müſste dann wohl das ch nachher erwähnte Roth im Uebergange von der ersten zur iten Ordnung seyn.

2 Poggendorfs Annalen. II. 295.

3 Optice. Lib. II. Pars. 3. Props. 6.

4 Photometria. p. 512 u. f.

spiel zu bestimmen, ob rothes Siegellack die rothen Lich
len eben so gut und im Verhältniſs der auffallenden e
reichlich zurückwerfe, als weiſses Papier die Strahle
Farben zurückwirft, legte er Siegellack auf weiſses Pap
daſs beide vom hellen Sonnenlichte gleich beleuchtet w
E sah nun das Papier durch ein Prisma an, und zwar
ner solchen Stellung, daſs der rothe Farbenrand zunäc
dem Siegellack erschien, und verglich das so sich zeigend
mit einander. Da sich bei dieser Vergleichung kein
schied zwischen dem Roth des Siegellacks und jenes l
fand, so schloſs er, die rubedo des Siegellacks sey der
des Papiers gleich zu achten, oder vielmehr, weil die fa
Strahlen des Papiers durch das Prisma gingen, statt da
Siegellack mit bloſsem Auge angesehen wurde, jene sey
um ein Viertel geringer als diese.

Dies Experiment könnte man, glaubt Lambert, fü
und Violett immer anwenden, und da die Intensität der l
geringer sey, einen weiſsen Körper von geringerer Weiſs
wenden. Für die Farben, welche den mitten im F
spectrum liegenden Strahlen entsprechen, lasse sich dies
gleichung nicht gut gebrauchen. Folgendes Hülfsmittel
dagegen allemal zur Vergleichung dienen. Man lasse
recht sorgfältig verfinsterte Zimmer durch zwei runde Oe
gen Licht einfallen, lasse Lichtstrahlen auf ein Brenngl
len, und nachdem sie durch dieses gegangen und vom
aufgefangen sind, stelle man den beiden Lichtstrahlen
angemessenen Entfernung, um das Bild der runden Oe
deutlich zu zeigen, eine farbige und eine weiſse Tafel
gen. Ist die farbige Tafel zum Beispiel grün, so sehe m
das Grün des prismatischen Bildes auf der grünen und a
weiſsen Tafel gleich lebhaft erscheint, und wenn das ni
Fall ist, so gebe man derjenigen Tafel, die eine Farbe vo
ſserer Intensität zeigt, eine solche Neigung, daſs die farbi
leuchtung sich als gleich zeigt; daraus läſst sich, nach
Art. *Erleuchtung* gegebenen Regeln berechnen, wie si
bei senkrechter Erleuchtung von beiden Flächen zurückg
fene Licht verhält.

Diese Methode läſst sich sogar anwenden, um die
zu beantworten, wie viel rothe Strahlen die grün gefärb
che zurückwirft. Man muſs nämlich dann der weiſsen

mige Neigung geben, wobei das Roth der beiden Farben-
er gleich lebhaft erscheint, und so erhellet, wie LAMBERT
der rubedo eines mit Grünspan (essigsaurem Kupferoxyd.)
rbten Papiers sprechen kann. LAMBERT hat wenige Ver-
he, die diesen Gegenstand betreffen, angestellt; es wäre
hl der Mühe werth, wenigstens einige Proben, wie weit
h Uebereinstimmung in die Versuche bringen lasse, zu geben.

Eine Bemerkung von PREVOST will ich hier noch beifügen. nn man das von polirtem Golde zurückgeworfene Licht auf em ebenen, spiegelartig polirten, Golde auffängt, so er-heint hier das Gelb des Goldes viel tiefer, fängt man das ermals zurückgeworfene Licht auf einem Golde, Spiegelplätt-en auf, so ist die Farbe noch mehr dem Orange zugegangen. es rührt daher, weil das reflectirte Bild theils aus Strahlen steht, die als weifse Strahlen zurückgeworfen werden und möge welcher allein schon das Gold in seiner gewöhnlichen rbe erscheinen würde, aber auch theils aus gelben Strahlen steht, die nicht nach den blofsen Gesetzen der Spiegelung, ndern nach den Gesetzen der zerstreuten Zurückwerfung, wo-i nur *eine* Farbe ausgesandt wird, eben dorthin gelangen, und s dort entstehende Farbe verstärken.

Durch diese wiederholte Abspiegelung lernt man also bes-: die eigentliche Farbe des Körpers kennen. Silber zeigt sich f diese Weise nicht weifs sondern gelb, so dafs das Weifs f als Beimischung des unzerlegten zurückgeworfenen Lichtes, elches von der Farbe des Körpers unabhängig ist, angesehen erden mufs[1].

30. In Beziehung auf die durchsichtigen Körper, welche h uns farbig zeigen, scheinen zwei Hauptfälle statt zu finden. tweder es werden alle Arten von Farbenstrahlen ziemlich ichförmig absorbirt, aber nur gewisse Farbenstrahlen zurück-worfen, andere durchgelassen; oder es werden gewisse Far-nstrahlen gänzlich absorbirt, und die übrigen theils zurück-vorfen, theils durchgelassen. Der erste Fall scheint in der nosphäre in einem sehr vollkommenen Grade statt zu finden[2], d daher erscheint uns diese blau durch reflectirte Strahlen und broth vermöge der durchgelassenen Strahlen. Immer sind es

1 Annales de Chimie et de Physique. IV. 192. 436.

2 Vergl. *Abendröthe*.

[illegible] grünen [illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]

[illegible] scheint ein ähnliches Gesetz [illegible] statt zu finden. [illegible] in der Taucherglocke in bedeutender [illegible] den durch das Wasser gehenden Strahlen [illegible] Gegenstände roth sah 'colore roseo', dage[illegible] Wasser ein grünes Licht zurü[illegible] des Meeres das Wasser grün [illegible] schliefsen, dafs es die grünen Strahlen [illegible], weil es aber eine grofse Menge Lichtstrahlen [illegible] Farben durchläfst, auch in der Tiefe noch gemischtes [illegible] erhält, um grüne Strahlen zu reflectiren. Das dur[illegible] rothe Licht wurde ein helles Roth[2] wegen der [illegible] beigemischten vielen weifsen Strahlen. — Es wäre de[illegible] werth, diese Halley'sche Erfahrung theils im Meere, [illegible] dessen Wasser verschiedene Färbungen zeigt, zu [illegible]

Auch bei kleineren Quantitäten flüssiger Materien [illegible], dafs sie nämlich blaues Licht [illegible] oder gelbes und rothes Licht durc[illegible] diese Eigenschaft an der infusio li[illegible] hat man zuweilen auch Gelegen[illegible]

[illegible] dieser Art zeigt sich [illegible] Lichte, we[illegible] zu diesen [illegible] Beispiel, [illegible]

gegen wird nur das Blau zurückgeworfen und die übrigen Far-
n werden durchgelassen und zeigen uns die weiſsen Gegen-
nde durch Knochenglas gesehen feuerroth.

Andere Körper erscheinen mit einer bestimmten Farbe, man
sie durch reflectirtes Licht sehen oder das durchgehende
t beobachten. Hier werden alle andere Farben völlig ab-
irt. Herschel hat einige schöne Bemerkungen über diese
ei farbiger durchsichtiger Körper gemacht[1]. Zuerst bemerkt
daſs einige Gläser gewisse Farbenstrahlen beinahe ganz un-
hwächt durchlassen, während sie andere vollkommen unter-
ken. Bedient man sich ihrer um das durch das Prisma in
benstrahlen zerlegte Sonnenlicht durch sie durchgehen zu
n, so erhält man ein rundes einfarbiges Bild, und wenn
durch sie die vom Prisma gebrochenen Strahlen anderer
ur zum Auge gelangen läſst, so erscheinen diese scharf be-
zt. Andere Körper lassen mehr als eine Art von Farben-
len durch, unterdrücken dagegen die übrigen. Verdünnte
mus-Tinctur zum Beispiel läſst gar keine gelbe und fast gar
e grünen Strahlen durch und zeigt daher, wenn man den
enstrahl durch sie gehen läſst, im prismatischen Farben-
e[2] ein rundes tief rothes Sonnenbild, völlig gesondert von
n länglichen violett und blauen Bilde, das sich sehr matt
Grünliche hinein verlängert[3].

Eine andere Bemerkung von Herschel betrifft den Fall,
die durchgelassenen Strahlen zwei Farben enthalten oder
sich zwei Maxima darstellen, wenn man die Menge der
hgelassenen Strahlen durch Ordinaten in jedem Puncte des
enspectrum ausdrückt. Dieser Fall giebt Veranlassung zu
auffallenden Erscheinung, daſs bei einer bedeutend dicken
cht des durchsichtigen Körpers dieser vermöge der durch-
nden Strahlen anders gefärbt erscheint, als da wo die Schicht
e ist. Eine Auflösung von Saftgrün sieht, wenn sie eine
e Schicht bildet, smaragdgrün aus, statt daſs eine dicke
cht blutroth ist. Dieses erklärt sich aus der ungleichen
sität der verschiedenen Farben. Wird der beim Eintritt
were Strahl in stärkerem Maſse geschwächt, als der min-

1 Phil. Transact. of the Edinb. Soc. IX. 445.

2 Nach meiner eigenen Erfahrung.

3 Vergl. oben No. 8. Anm.

und steige herab zum Blau und Grün bei zugetröpfeltem Kali
Delaval wendet dies auf die Aenderung der Farben, bei rei-
fenden Früchten an. Vom Grün, welches die noch saure Frucht
zeigt, geht die Farbe bei abnehmender Säure durch Gelb
Roth über.

Dafs die Farben beim Anlaufen des Stahls eine ähnliche Farbenfolge zeigen, ist bekannt: sie fangen mit Gelb an, gehen durch dunkleres Gelb, (ohne dafs die Stufe des Rothwerdens sich wahrnehmen läfst) in Purpur, tiefes Blau, in Hellblau über, welches wenn das Roth vorkäme, eine ganz genaue Farbenfolge in absteigender Ordnung (vom Gelb der ersten Ordnung bis zum Hellblau der zweiten Ordnung) geben würde.

Aehnliche Aenderungen der Farbe durch Wärme, bei einer ganzen Reihe von Körpern, werden in den Annales de Chimie[2] erzählt, und auch hier sind die Uebergänge von Gelb in Roth oder sogar durch Roth in Violett, bei andern vom bläulich Grün ins gelblich Grüne, oder vom Blau ins Grüne, dieser absteigenden Farbenfolge gemäfs. Hierher gehören ferner die Erscheinungen des mineralischen Chamaeleon[3] und eine Menge andere, welche die chemischen Operationen höchst zahlreich darbieten.

Doch, es mag an der Erzählung dieser Fälle, zu denen sich aus Delaval leicht mehrere hinzufügen liefsen, genug seyn. Dafs man diese Farbenfolge als allgemein geltend ansehen dürfe, ist wohl nicht zu behaupten. —

Ueberhaupt läfst alle bisherige Untersuchung in dieser ganzen Lehre noch viel zu wünschen übrig.

Physiologische Farben.

32. Wenn wir eine Farben-Erscheinung unter bestimmten Umständen so wahrnehmen, dafs wir durch theoretische Gründe oder durch Erfahrung die Ueberzeugung haben, jedes gesunde Auge müsse die Farbe eben so sehen, so nennen wir die so zu beobachtende Farbe *objectiv*, wir suchen die Ursache der Far-

1 Delaval p. 20.

2 Tome LXXXIII. 171. auch in Biot. Traité de phys. Tome IV. p. 136 kommen hierher gehörige Erscheinungen vor.

3 S. Th. II. S. 91.

em erleuchtenden Lichtstrahle oder in den Eigenthümlich-
m der erleuchteten Fläche. Dagegen giebt es andere Far-
-Erscheinungen, die nur bei bestimmter Affection des Au-
hervorgehen, und diese nennen wir *subjective*, oder *phy-
ogische*, von der Affection des Organs abhängige Farben-
cheinungen, weil hier das eine Auge Farben an demselben
ecte, in derselben Stellung sieht, wo ein anderes, nicht den-
en Affectionen unterworfenes Auge sie nicht sieht. Diese
heinende Zufälligkeit ist Ursache, dafs man diese Farben
it *zufällige* *colores adventitii*, *colores accidentales*,
leurs accidentelles, *ocular spectra* genannt hat, ob-
ch auch sie nach sehr bestimmten Gesetzen hervorgehen.

33. Um sie richtig zu beurtheilen, müssen wir von ver-
dten, wenn gleich farbenlosen Erscheinungen anfangen.
nn man das Auge auf eine schwarze Fläche, einen schwar-
 Kreis zum Beispiel, richtet, der auf weifsem Grunde liegt,
wird man sehr bald gewahr, dafs die umgebende weifse
che unmittelbar an jenem schwarzen Gegenstande weifser,
nzender erscheint, als in gröfserer Entfernung von demsel-
; dagegen, wenn man eine weifse Kreisfläche, die von
u umgeben ist, mit angestrengtem Blicke betrachtet, so er-
eint das Grau nahe um die weifse Fläche dunkler, als der
ter entfernte Theil. Eben dahin gehört die Erfahrung, dafs
 im geschlossenen Auge das Bild eines Fensters mit dunkeln
eiben und hellem Fensterkreuz nebst hellen Einfassungen der
eiben, zu sehen glaubt, wenn man ein auf den hellen Him-
l hinaus gerichtetes Fenster lange genug, mit einiger An-
ngung des Auges, angesehen hat.

Alle diese und ähnliche Erfahrungen kommen darauf zu-
, dafs ein durch stärkeres Licht mehr gereizter Theil der
haut abgestumpft wird, und daher, wenn er nun eben so,
die umgebenden Theile, von mäfsigem Lichte angeregt
l, sich minder empfänglich zeigt, oder uns die Empfindung
eren Lichtes wahrnehmen läfst. Hat dagegen ein Theil
Netzhaut, auf welchem der dunkle Gegenstand sich abbil-
, Ruhe genossen, indem wenig oder gar kein Licht auf
fiel, so ist er jetzt empfänglicher für den Eindruck des
ts, und wenn dann die Strahlen des Weifs oder des Grau
einer etwas veränderten Richtung der Augen-Axen eben
n fallen, so ist unsere Empfindung so, als ob das Weifs

[illegible] Und eben so
[illegible] geschlossene Aug
[illegible] Theile der N
[illegible] durch das
[illegible] hellen H
[illegible] weichen die d
[illegible] sich abb
[illegible] empfänglich
[illegible] Erscheinungen i
[illegible] Auge und ang
[illegible] gewesen ist, u
[illegible] Man lege seiden
[illegible] Farbe auf ei
[illegible] Papier von
[illegible] das Auge darauf
[illegible] des Bande
[illegible] dass der
[illegible] des wei
[illegible] Farbe zeigt, die
[illegible] Die
[illegible] Rand des
[illegible] der
[illegible] so erkennt
[illegible] weiterhin,
[illegible] man eher
[illegible] dem Weiss
[illegible] Zieht ma
[illegible] zeigen anfi
[illegible] Band weg: so
[illegible] bedeckte, zw
[illegible] Ergänzungsfarbe a
[illegible] diese hervorgehen
[illegible] Farbe,
[illegible] merklich
[illegible] die geforderte
[illegible] das Band [illegible] so zeigt si
[illegible] Violett, und der Blick auf violettes Ba
[illegible] die Erscheinung des strohgelben hervor, dunk
[illegible] Orange hinneigend, zeigt uns nachher ein
[illegible] umgekehrt das hellblaue Band die weisse Flä

in hellem orangefarbenen Lichte zeigt. — Man kann leicht Reihe Versuche mit mancherlei Abstufungen von Farben llen, wozu die seidenen Bänder wegen ihres reinen Farnzes sich besonders geeignet zeigen, und immer wird man Behauptung, daſs die Ergänzungsfarbe, zwar mit vielem gemischt, aber dennoch deutlich hervortritt, bestätigt

Man kann den eben erzählten Versuch auch so abändern, man ein grünes Band auf rosenrothen Grund legt, und dem man das Grün lange scharf angesehen hat, nach dem n Grunde blickt, oder die dem Grün zunächst liegenden le des Roth betrachtet; dann erscheint da, wo bei weiſsem de die geforderte Farbe sich zeigte, das Rosenroth schö- etwas gesättigter, als es vorher der Fall war; und genau ie der graue Grund um den schwarzen Kreis heller er-, so zeigt sich das Roth lebhafter im Gegensatz gegen Farbe, die gar kein Roth enthält, oder die Ergänzungs- des Roth ist. Mit Gelb und Violett, Orange und Blau le es sich eben so verhalten, nur muſs man immer bemer-, daſs der Grund, auf welchem die Verstärkung oder der ftere Eindruck der Farbe hervortreten soll, nicht zu dun-syn muſs.

34. Diese Beobachtungen sind fast eben so schon von Bür-[1] angestellt, der zugleich noch das glänzende Gold statt gefärbter Körper, das Silber statt des Weiſs empfiehlt, in- diese glänzenden Körper einen noch dauerndern Eindruck vorbringen.

Büffon erzählt auch noch folgenden Versuch. Wenn man rothes Quadrat lange ansieht, so erscheint es bald mit blas-, schönen Grün umgeben; richtet man das Auge länger uf, so sieht man das Quadrat in der Mitte blasser, an den ten tiefer gefärbt. Entfernt man sich nun ein wenig, wäh-d man denselben Gegenstand noch immer scharf betrachtet, sieht man alle vier Seiten des tief rothen Vierecks sich in

1 Mém. de l'acad. de sc. à Paris 1743. p. 152. Etwas auf ähn-e Versuche Hindeutendes findet man schon in Physiologia Kir-iana ex vastis Kircheri opp. extraxit Kestlerus. Amst. 1680. t wichtiger aber ist Darwins Zoonomie, übersetzt von Brandis Abth. S. 519.

zwei theilen und ein eben so tief rothes Kreuz bilden. Das rothe Viereck erscheint dann wie ein Fenster, das mitten ein starkes Kreuz und weifsliche Scheiben hat. Bei noch längerem angestrengten Hinsehen verwandelt sich das Ganze in ein tief rothes Rechteck, dafs es die Augen blendet; dieses Rechteck ist eben so hoch als das Quadrat, aber nur ein Sechstel so breit, und dieses ist der letzte Grad der Erscheinung, den das höchst ermüdete Auge noch ertragen kann. Wendet man alsdann das Auge nach einem weifsen Grunde, so sieht man ein eben so geformtes, schön und glänzend grünes Rechteck, welches sehr langsam verschwindet.

Die dunkeln, meistens zum Purpur sich hinneigenden Bilder, die man sieht, wenn man die Sonne starr angesehen hat, gehören auch hierher; ihre Farbe erscheint nach Verschiedenheit des Grundes, auf welchem man sie sieht, anders, und zwar, wie BÜFFON bemerkt, so wie es die Mischung der natürlichen Farbe des Grundes mit der subjectiven Farbe des Bildes fordert. v. GÖTHE, der sich um die Erörterung der physiologischen Farbenphänomene viele Verdienste erworben hat, erzählt ganz ähnliche Versuche[1].

Auch eine merkwürdige, von BEER angeführte Erfahrung gehört hierher. Wenn operirte Staarkranke, die schon Farben unterscheiden, gelbes auf weifses Papier gelegtes Band ansehen, so sehen sie anfangs das Gelb deutlich; je länger sie es ansehen, desto mehr legt sich die violette Einfassung, die auch wir zu bemerken pflegen, über das gelbe Band, so dafs endlich jenes erst kürzlich operirte Auge nichts mehr vom Gelb gewahr wird. Eben so verwandelt sich Blau in Orange, Hellroth in Grün. TRECHSEL erzählt eine Erfahrung, die ebenfalls zu diesen Erscheinungen gehört[3]. In eine Capelle nahe bei Solothurn sind alle Fenster von gelbem Glase, so dafs im Innern die Erleuchtung aller Gegenstände ein sehr vorherrschendes Gelb hat. Oeffnet man einen der Fensterflügel so, dafs nur ein schmaler

---

1 Farbenlehre. I. 13. 20.

2 Das Auge oder Versuch das edelste Geschenk des Schöpfers zu erhalten u. s. w. von BEER. S. 1—8. Etwas hierher Gehöriges ergeben auch TROXLER's und HIMLY's Versuche in Himly ophthalm. Bibliothek. 1ster Bd. 2tes Stück. S. 11. und 2ten Bd. 2tes Stück S. 40.

3 Biblioth. univers. 1826. Mai.

ilt die Aussicht auf den Himmel gestattet, so erscheint nicht is der wirklich blaue Himmel sehr schön blau, sondern auch isse Wolken zeigen sich im schönsten Blau.

Ganz ähnliche Erscheinungen brachte v. GROTTHUSS[1] im Zimmer hervor, wenn er die einzige, Licht einlassende ffnung mit einem farbigen Zeuge verdeckte. Bedeckt man lich diese Oeffnung mit einem durchsichtigen grünen Zeuge, ein eine kleine Oeffnung ist, so erscheint durch diese Oeffng der Himmel röthlich, das Grün der Bäume unscheinbar d weifslich; vertauscht man aber die Bedeckung plötzlich mit er rothen, die eine gleiche Oeffnung hat, so erhalten die ume sofort ihr Grün im schönsten Glanze wieder, aber das th der Ziegeldächer erscheint jetzt weifslich. Und etwas nliches erhält man, wenn man ein gefärbtes Glas vor die gen nimmt und nachdem man die Gegenstände dadurch anehen hat, sie nun wieder mit freiem Auge betrachtet. War s Glas orangefarben, so erscheint weifses Papier und der ne Himmel nachher bläulich; war das Glas blau, so erheinen eben die Gegenstände nachher gelb und glänzend.

35. Alle diese Erscheinungen lassen sich, wie ich glaube, s einer zu starken Reizung des Auges erklären[2]. Habe ich ge auf Roth gesehen, so ist das Auge für diese Farbe geblendet d dagegen für die übrigen Farbenstrahlen, die zusammen Ergänzungsfarbe zu jener bilden, empfänglicher. Deshalb pfindet das Auge im Weifs, welches ihm alle Arten von icht zusendet, das Grün als vorherrschend, aber doch so mit Weifs gemischt, dafs dieses sich als ein zwar schönes reines, er doch nur sehr blasses Grün darstellt. Jenes Quadrat, welces BÜFFON anhaltend ansah, zeigte sich, wenigstens ehe die müdung des Auges zu grofs war, am Rande tiefer roth, als in r Mitte, weil der Theil der Netzhaut, den die Mitte des ldes traf, am meisten für das Roth geblendet war, der Theil gegen, auf welchen das Bild des Randes fiel, durch das abchselnd mit betrachtete Weifs, etwas mehr seine Fähigkeit, s Roth vollkommen aufzufassen, wieder gestärkt hatte, aber noch, sobald das Bild des Weifsen eben dahin fiel, in diem die grünen Strahlen mehr als die rothen empfand. Diese

1 Schweigger's Beiträge zur Chemie und Physik. III. 14.

2 Die eine Beobachtung an operirten Staarkranken ausgenommen.

Erklärung, der auch v. Göthe nicht ganz abgeneigt schein ist genau übereinstimmend mit der, welche v. Grotthuss nimmt.

36. Auch das doppelte Spiegelbild in gefärbten Gl mufs nach ähnlichen Regeln erklärt werden. Nimmt man gelbes ins Orange übergehendes Glas und legt es so, dafs die Sprossen eines Fensters, durch welches der helle Him gesehen wird, in jenem Glase abgespiegelt sieht: so sieht wie bei allen Spiegeln, ein doppeltes Bild, eines nämlich d Zurückwerfung von der Vorderfläche, eines durch Zurückw fung von der Hinterfläche des Glases. Das Bild des Fen kreuzes, welches die Hinterfläche giebt, erscheint blau, von der Vorderfläche reflectirte orangefarben, aus folgen Grunde. Unser Auge erhält wegen dieser doppelten Spiege

Fig. 22. aus jedem Puncte D der obern Seite der Glastafel AB zwei verschiedenen Gegenständen ausgehende Lichtstrahlen, in der Punct E durch Spiegelung an der obern Fläche, der P F durch Spiegelung an der untern Fläche in C von dem Aug nach der Richtung OD gesehen wird. Ist nun ED sowohl FC ein vom hellen Himmel kommender Strahl, so sieht Auge O diesen hellen Punct blafs orangefarben, weil bei C färbtes, bei D ungefärbtes Licht zurückgeworfen wird, und Mischung beider ein blasseres Gelb als sonst der Glas beim Hindurchsehen eigen ist, giebt; ist dagegen in F dunkler Gegenstand, wie das Fensterkreuz, von welchem keine oder wenigstens nur matte und unbedeutende helle Lich strahlen ausgehen, so empfängt das Auge O blofs ungefär Lichtstrahlen, die aus den eben erklärten Gründen die Empf dung des Blau hervorbringen, so dafs das dunkle Bild des Fe sterkreuzes, das von der Hinterseite dargestellt wird, als bl erscheinen mufs. Umgekehrt zeigt sich das Fensterkreuz der Vorderfläche abgebildet mit der völlig tiefen Orangefar die dem Glase eigen ist, weil hier von C aus das gelb gefär Bild des hellen Himmels zum Auge gelangt, welches jetzt ni wie vorhin durch Beimischung weifsen Lichtes, ein blass Ansehen erhalten kann, weil in D kein Lichtstrahl vom h len Himmel hingelangt. Ist der dunkle Gegenstand so br dafs beide Lichtstrahlen, die wie ED, FC einfallen sollte

1 S. 11.

ch ihn aufgehalten werden, so sieht das Auge O in D blosses nkel, oder da fast nie ein Gegenstand ohne alles Licht ist, matte Erleuchtung die diesem angemessen ist.

Bei jeder andern Farbe würde es sich eben so verhalten. sondere sind schwach grün tingirte Glasstücke sehr geeig- , das doppelte grün und rosenroth gefärbte Bild zu zeigen[1].

Einen ähnlichen Erfolg von der durch zu starkes Licht tehenden Ueberreizung des Auges sieht man in folgenden uchen, die ich nach Thomas Smith's[2] Anleitung ange- t und mehrfach abgeändert habe. Man halte einen schma- Streifen weißes Papier 8 bis 12 Zoll vom Auge und blicke, rend ein Kerzenlicht sich dem einen Auge sehr nahe, seit- stehend, befindet, das andere Auge aber beschattet ist, einem weit jenseit des Papiers liegenden Gegenstande; sieht dann bekanntlich den Papierstreifen doppelt, und be- t nun, daß der weiße Streifen dem beleuchteten Auge grün, dem beschatteten Auge orangefarben, ja zuweilen röthliche übergehend erscheint. Bringt man zwischen das t und das beleuchtete Auge ein gelbes Glas, so ist die Er- nung ziemlich dieselbe; bringt man zwischen das erleuch- Auge und das Licht ein blaues Glas, so sind beide gese- Bilder ziemlich gleich, doch das mit dem beleuchteten gesehene etwas minder gelb als das andere; beschattet ide Augen, so sind die Bilder ganz gleich. Wird das ge vom nahen Kerzenlichte ohne Schwächung beleuch- er Papierstreifen aber erhält das auffallende Licht durch ngefarbenes Glas, so sieht das beschattete Auge ein sehr tes Orange, das beleuchtete Auge ein sehr ins Gelbe hendes Grün. Fällt das Licht auf den weißen Streifen blaues Glas (das von mir gebrauchte gab einen schwa- Uebergang zum Violett,) so zeigt sich dem vom freien nlichte getroffenen Auge ein nur wenig lebhaftes aber rein Bild, dem andern beschatteten Auge erscheint der weiße n schön rosenroth. Ein hellblaues Band erscheint dem hteten Auge tiefer blau, dem beschatteten fast ganz weiß;

---

[1] Vergl. Baumgartner die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen nde u. s. w. Wien 1826. S. 341.

[2] Brewster's Edinb. Journ. of Science. No. IX. p. 52.

ein gelbes Band dagegen scheint dem beleuchteten Au-
ser, dem beschatteten dunkler gelb.

Alle diese einzelnen Erscheinungen lassen sich dar
rückführen, dafs das vom gelben Kerzenlichte geblende
minder empfänglich für die gelben Lichtstrahlen ist, u
das beschattete dann durch den Contrast uns das Gelb
herrschend zeigt. Aus diesem Grunde erscheint dem bel
ten Auge ein gelbes Band blasser gelb, ein blaues tief
und aus demselben Grunde zeigt sich das weifse, oder ei
vermöge des gelben Kerzenlichtes etwas gelbliche Papier,
leuchteten Auge grün, dem beschatteten Auge orangefarben
Hellroth übergehend. Könnte man ein ganz weifs bele
Papier haben, so müfste wohl jenes blau seyn, im Gegensatz
die orangefarbene Beleuchtung des Auges, und dieses orange

37. Diese subjectiven Farben sind es nun auch,
in den farbigen Schatten wahrnehmen. Ein Schatten,
entsteht, dafs die von ihm getroffene Fläche gar kei
empfängt, ist allemal ganz dunkel, das einfallende Licht
chem gegenüber der Schatten entsteht, mag weifs oder
seyn; — v. Grotthuss zeigt durch eigends deshalb
stellte Versuche im finstern Zimmer, wo nur durch *ein*
nung Licht einfiel, dafs es so sey. — Aber wenn nic
einem einzigen Puncte her Licht einfällt, sondern ein in
rer Richtung einfallendes Licht den Raum erhellet, d
Schatten vom ersten Lichte hervorgebracht traf, so kar
ser Schatten farbig erscheinen. Zuerst nämlich ist
klar, dafs die Erleuchtung der ganzen von jenen zwei L
beleuchteten Fläche bläulich seyn mufs, wenn das eine
blau, das andere weifs ist; und eben so einleuchtend ist
der Schatten, den das weifse Licht wirft, oder der dahi
wohin keine Strahlen des weifsen Lichtes gelangen, sich
ler blau zeigen mufs, als der übrige Raum, weil dort
Beimischung weifser Strahlen ein Hellblau hervorbringt;
Blau ist also ein objectiver Erfolg der farbigen Beleuc
Aber nun bemerken wir zweitens, dafs der dem blauen
zugehörende Schatten unserm Auge gelb oder orangefarb
scheint, und dieses nur deshalb, weil der gegen das

---

1 Smith nennt das zweite Bild roth, was mir nicht gan
tig scheint.

:ht beschattete Raum uns rein weiſse Strahlen zusendet, aber gen des umgebenden Blau uns mit der Ergänzungsfarbe des m erleuchtet erscheint, die also hier als subjective Farbe hertritt.

Diese Erklärung scheint mir über alle farbige Schatten kunft zu geben. Wenn Kerzenlicht und Tageslicht zugleich e Fläche erleuchten, und auch das Tageslicht bei bedecktem mel gar kein vorherrschendes Blau enthält, so zeigt sich h der dem Kerzenlichte gegenüber entstehende, vom Talichte oder Dämmerungslichte erhellete Schatten blau, während der dem Tageslichte gegenüber entstandene vom Kerzente erhellete Schatten gelb oder orangefarben ist; denn die bliche Erleuchtung der ganzen übrigen Fläche ruft da, wo er Auge bloſs weiſses Licht empfängt, wo keine Strahlen Kerzenlichtes hingelangen, die Ergänzungsfarbe, blau, her. Ist der Himmel, dessen Wiederschein das Tageslicht ist, st blau, so kann dieser Umstand mitwirken, die blaue Farbe verstärken, aber nothwendig ist er nicht.

Selbst das gelbliche Kerzenlicht kann eine ähnliche Erinnung eines blauen Schattens hervorbringen. Man stelle ei gewöhnliche brennende Lichter so, daſs ein schmaler Gestand einen doppelten Schatten auf eine weiſse Ebene wirft, erscheinen uns beide Schatten ganz gleich, grau oder matt uchtet. Aber nun schiebe man ein orangefarbenes Glas vor s erste Licht, so erscheint der vom zweiten Lichte geworne, vom ersten erleuchtete, Schatten, orangefarben, der vom sten Lichte geworfene, vom zweiten erleuchtete, hingegen ulich. Offenbar erhält der Raum, den das freie Licht beeint, eine matt gelbliche Erleuchtung, wie das bei unserm rzenlichte immer der Fall ist; aber der Raum, den beide hter erleuchten, hat so sehr ein vorwaltendes orangefarbenes ht, daſs das Auge in jenem Weiſs, wenn gleich es auch on ins Gelbliche übergeht, doch das vergleichungsweise herrschende Blau erkennt. Man mag hier sagen, das Auge finde in dem, mit nur wenigem Gelb gemischten Weiſs, das durch den Contrast, oder das durch das umgebende orangfarbene Licht für diese Farbe abgestumpfte Auge empfinde in dem, wenn auch mit etwas Gelb vermischten Weiſs, vorzugsweise das Blau; immer ist der Hauptsache nach der Sinn der klärung wohl derselbe.

Rumford hat[1] sich viele Mühe gegeben, eine An die mit der eben ausgesprochenen sehr nahe verwandt ist, d Versuche zu beweisen. Er machte nämlich auf die eben a gebene Weise einen breiten Schatten, der dem bloſsen blau erschien; betrachtete er diesen durch ein so enges dafs er nichts von der umgebenden beleuchteten Fläche zug mit übersah, so bemerkte er es gar nicht, wenn ein andere Licht, welches den Schatten warf, mit einer Platte gelben orangefarbenen Glases bedeckte oder diese Platte wieder wegn

Um nicht zu weitläufig zu werden, will ich nur noch Erscheinungen anführen, deren eine wohl nicht ganz mit hierher gerechnet wird. Ich habe schon oben erzählt, Halley in der Taucherglocke das von oben durch das M wasser einfallende Tagslicht röthlich sah, während das unten aus dem Wasser zurückgeworfene Licht die Gegens grün zeigte. Dieses war ohne Zweifel Folge der von durchgelassenen vorherrschend rothen Strahlen, denen zur geworfene grüne Strahlen entsprachen; aber wäre hier einer Seite weiſses Licht eingefallen, so würde das Auge noch in diesem weiſsen Lichte die Ergänzungsfarbe der farb Beleuchtung wahrzunehmen geglaubt haben.

Die zweite Erscheinung hat sich mir selbst oft dargeb Ich bewohnte ein stark von der Sonne beschienenes Zin das durch grüne sehr dichte Vorhänge gegen die Sonne gesi war. So lange nun alle Thüren oder sonstige Zugänge fü Licht geschlossen blieben, erschien alles im grünen Licht die Schatten dunkel, ohne Farbe. Sobald aber Tagslicht d die Thür einfiel, nahmen alle Schatten eine schöne r rothe, ein wenig ins Violett übergehende, Farbe an. B ders interessant zeigte sich dieses, wenn man weit entfernt Fenster neben eine seitwärts gehende Thüre eine weiſse aufstellte. So lange die Thür geschlossen blieb, sah ma weiſse, gegen das grün bedeckte Fenster gewandte, Tafel lich erleuchtet, aber sobald man die Thür öffnete, erschie dem vom Fenster her auf sie sehenden Auge in eben jene senfarbenen, etwas violettlichen Lichte, weil die matte Beleuchtung nun nicht bedeutend genug war, um zu hin

1 S. Phil. Trans. LXXXIV. 107. Daraus in Grens Neues J der Physik. II. 58.

ſs aus dem Weiſs des Tageslichtes die Ergänzungsfarbe hergerufen wurde.

38. Diese Erscheinungen sind auf sehr verschiedene Weise klärt worden; ich führe diese Erklärungen nur kurz an. Daſs die blauen Schatten nicht dem blauen Lichte des Himmels zuzuschreiben sind, wie Bouguer und andere[1] meinten, erhellet aus dem Vorigen. Der Beugung des Lichtes, weil die blauen Strahlen am meisten in den inneren Raum des Schattens hinein gebeugt würden, hat v. Paula Schrank[2] diese blaue Färbung zugeschrieben, aber gewiſs unrichtig, da weiſses Licht in grüner Beleuchtung eben so gut röthliche Schatten hervorbringt. Zschokke, der eine Reihe interessanter Beobachtungen über diese Schatten angestellt hat[3], scheint sie daraus zu erklären, daſs im farbigen Lichte nur die eine Farbe zurückgehalten werde, der Schatten also kein vollkommener, schwarzer Schatten seyn könne. — Offenbar kann aber in jenen Schatten doch nur dann Licht irgend einer Art kommen, wenn noch von einer zweiten Seite her Erleuchtung statt findet. v. Göthe[4] hat dieses ganz richtig als eine Hauptbedingung erkannt, und diese Schatten als den subjectiven Farben-Erscheinungen angehörend betrachtet.

39. Schwieriger zu erklären sind einige andere Farben-Erscheinungen im Auge, auf welche v. Göthe vorzüglich aufmerksam gemacht hat[5]. Ich habe die Haupt-Erscheinungen oben[6] schon mit v. Göthe's Worten erzählt, und füge hier seine Erklärung hinzu, die sehr viel für sich zu haben scheint[7]. „Das

1 z. B. zuerst Lionardo da Vinci, später auch Monge. S. Gren . II. 143.

2 Münchner Denksch. 1811 u. 12. S. 293. und 1813. S. 51.

3 Unterhaltungsblätter für Welt- und Menschenkunde. 1826. . 49. Es finden sich in dieser Abh. auch noch mehr literarische Nachweisungen und auch in Hinsicht darauf verdient diese Abh., so wie die oben erwähnte von Grotthuss nachgesehen zu werden.

4 S. 27.

5 Aepinus hat schon ähnliche Beobachtungen (Comment. Petrop. X. 281.) und noch ältere führt Darwin an, Zoonomie 2te Abth. S. 521. Vergl. Phil. Tr. LXXVI. 313.

6 Oben No. 5.

7 Noch mehrere Beobachtungen hat Purkinje angestellt und beschrieben in seinen Beobachtungen über die Physiologie der Sinne. II. B. S. 97.

Schrift: Clavecin oculaire, und DE MAIRAN's Einwürfe d gegen[1] nachlesen. *B.*

Farben-Dreieck. S. Farbe No. 20.

Farbenkreisel. S. Farbenspindel.

Farbenkugel. S. Farbe No. 20.

Farbenringe.

annuli colorati; anneaux colorés; *coloured Ri* Farbensäume; *fimbriae coloratae;* bandes lorées; *coloured Fringes.* Die in den Artikeln *Anw lungen, Farben* No. 22. 23. 26. *Interferenz, Inflexion,* *larisirung des Lichts* vorkommenden Fälle, wo sich Farbe und Farbensäume zeigen, will ich hier nicht wiederholen, dern nur einige, wohl noch nicht ganz erklärte, Phäno nachtragen, und auch bei diesen nur kurz verweilen.

NEWTON beobachtete, als er das Licht im finstern Zim auf einen gläsernen Hohlspiegel, dessen convexe Seite b war, fallen liefs, dafs sich auf der weifsen Ebene die im C trum des an beiden Seiten concentrisch geschliffenen Kugel gels senkrecht auf den Lichtstrahl aufgestellt war, aber di durch eine im Centro gelassene Oeffnung durchliefs, Far ringe um diese Oeffnung bildeten. Die Farbenringe zeigten Farben in der Ordnung, wie die Ringe bei durchgelass Lichte zwischen zwei Convexgläsern sich zeigen, näml Weifs in der Mitte mit einem dunklern Raume umgeben, den sich Violett und Indigblau anschlofs; dann folgte Blau, einem weifslichen Ringe umgeben; dann grünliches Gelb, nes Gelb, Roth, das in Violett überging. Liefs man nur farbiges Licht durch die mit dem Centro der Kugel zusamm fallende Oeffnung auffallen, so fanden sich die Halbmesser nun dargestellten einfarbigen Kreise den Quadratwurzeln von 3, 4 proportional. Ein metallener Hohlspiegel zeigte d Ringe nicht, und dieses sowohl, als andere Versuche, ze dafs die Dicke des Glases dabei in Betrachtung komme.

NEWTON stellte bei einer andern Reihe von Beobachtung

1 Mém. de l'Ac. de Par. 1737. Vergl. Heydenreich System d Aesthetik. Leipz. 1790. 8. S. 224.

ı Spiegel so, dafs der Lichtstrahl nicht zu der Oeffnung selbst ectirt ward, also die Oeffnung nicht mehr im Centro der iegelfläche lag; dann erhielt man auf der weilsen, noch imr durch des Spiegels Centrum gelegten Ebene ein helles recürtes Bild; die Ringe aber umgaben wieder das Centrum der gel und lagen eben deshalb so, dafs ihr Mittelpunct mitten schen der Oeffnung und dem Centrum des durch gewöhnle Spiegelung dargestellten Bildes lag. Newton brachte auch e Erscheinung unter die Theorie der *Anwandlungen* und r, welcher diese und ähnliche Erscheinungen noch mit mehr gfalt berechnet, ist vollkommen seiner Meinung[1], für weler in einer genauen Berechnung, die mit den Versuchen einstimmt, allerdings wichtige Gründe aufstellt. Von der igkeit der Versuche hat Biot sich in Verbindung mit llet und Deflers überzeugt; er hat auch noch mehrere Versuche hinzugefügt, die ich hier übergehe. Herschel bt zwar, den ganzen Erfolg dieser Versuche der Beugung des ts zuschreiben zu dürfen, weil er auch bei einem metalle-Hohlspiegel eben solche Ringe erhielt, wenn der Raum vor Spiegel mit feinem Staube erfüllt wurde, aber diese Erng scheint doch nicht ausreichend[2].

2. Eine andere Reihe von Versuchen über Farbenringe ist on Herschel, welche sich nämlich an die Wiederholung Versuche Newton's über die Farbenringe zwischen con- Gläsern anschliefst. Herschel[3] stellte mehr als eine von Ringen zugleich dar. Die zweite, schwer sichtbar chende, Reihe von Ringen zeigte sich, wenn man auf gut es Spiegelglas eine doppelt convexe Linse von 20 Zoll weite legte. Die zweite Reihe von Ringen hatte einen en Mittelpunct, wenn er bei der ersten schwarz war, und dem andern Falle zeigte das Centrum der einen Reihe die nzungsfarbe zum Centrum des andern, und eben dieses galt ie Ringe gleicher Ordnung in den verschiedenen Reihen. Gang der Lichtstrahlen, durch welche diese Ringe sichtbar en, ist folgender: Wenn ein Strahl a b bei b den Berüh- Fig. 23.

---

[1] Newtoni optice Liber 2. Pars 4. und Biot Tr. de Phys. Tome ap. 7.

[2] Philos. Transact. for 1807. p. 231.

[3] Phil. Tr. 1807. p. 188. 201.

rungspunct der Linse erreicht, so wird er theils zurückgeworfen, theils nach b d durchgelassen; aber auch dieser durchgelassene Theil erleidet in d eine wenigstens theilweise Reflexion nach e, und so erhellet, daſs es eigentlich die Strahlen sind, die nach NEWTON's Ausdruck sich in b in einer Anwandelung leichten Durchganges befanden, die dem Auge in e sichtbar werden. Aber während das Auge so vermittelst des Strahls b c die reflectirte, vermittelst des Strahls d e die durch die dünne Luftschicht bei b durchgegangene Farbe erhält, kann man eine plötzliche Verwechselung beider Farben hervorbringen. Bringt
Fig. 24. man nämlich auf b einen Schatten, so gelangt nun ein anderer Strahl f g h zum Auge, und da dieser die bei i durch eine sehr dicke Luftschicht gehenden, dort also unverändert bleibenden, bei b aber vermöge leichteren Durchganges zum Auge kommenden Strahlen enthält, so sieht das Auge h jetzt an eben dem Orte die Ergänzungsfarben zu denjenigen, die es noch eben vorhin dort sah, und auf ähnliche Weise bringt der Strahl f g h offenbar jetzt die in b zurückgeworfenen Strahlen zum Auge.

HERSCHEL giebt Mittel an, um noch mehrere Reihen von Ringen zu sehen, und zeigt, welchen Weg die Strahlen nehmen. Statt der Ringe erscheinen parallele Streifen, wenn man Glascylinder auf eine Ebene legt, dagegen erscheinen elliptische Ringe, wenn man cylindrische Glasflächen mit sphärischen in Berührung bringt[1]. Die Gesetze, nach welchen diese Ringe entstehen, lassen sich nach diesen Andeutungen leicht übersehen; die letzten Gründe aber zu erklären, auf welche HERSCHEL sie zurückführt, muſs ich dem Artikel *Prisma* vorbehalten, wo ohnehin nothwendig von den farbigen Bogen die Rede seyn muſs, an welche, nach HERSCHEL's Ansicht, die ganze Erscheinung sich anschlieſst.

3. Verschieden von diesen Reihenfolgen von Ringen, obgleich unter sehr ähnlichen Umständen entstehend, sind die von KNOX beobachteten farbigen Ringe und Streifen[2], von welchen ich nur so viel als nöthig ist, um die Aufmerksamkeit auf sie zu lenken, hier anführen will. KNOX wiederholte HERSCHEL's Versuche und indem er sich eines untern Glases bediente, welches zur Darstellung der zweiten Reihenfolge von Ringen,

1 Phil. Tr. 1809. p. 261.
2 Ebend. 1815. 161.

nlich durch durchgelassene Strahlen sichtbar werden, nicht
ignet war, erhielt er blofs mehrere durch reflectirte Strahlen Fig.
ildete Ringe, deren Entstehung die Figur deutlich macht, 25.
an man sich die Strahlen des ersten Ringes durch a b c d,
zweiten Ringes durch a b c e f zum Auge gelangend denkt.
r lagen also zwei Reihenfolgen von Ringen so neben ein-
ler, dafs sie sich, weil ihre Mittelpuncte nicht zusammen-
n, einander schneiden mufsten, und durch diese Durch-
ittspuncte liefen parallele Farbenstreifen, welche senkrecht
die zwischen beiden Mittelpuncten gezogene Linie waren.
e Mittelpuncte selbst bildeten die Grenzen dieser Farben-
ifen der Breite nach, während ihre Länge nur durch die
lehnung der Gläser begrenzt wurde. Die farbigen Streifen
n so geordnet, dafs da, wo zwei gleichfarbige Kreise *der-*
n Ordnung sich berührten, der Mittelstreif von eben die-
Farbe sich zeigte, und von da an gerechnet nach beiden
n zuerst die mehr brechbaren Farben, daran wieder Roth
der ganzen Farbenfolge u. s. w. so oft erschien, als es die
m andern Centrum reichende Zahl von Ringen forderte.
In andern Fällen, wo jene zwei Reihenfolgen von Ringen
t einander gleich waren, bildeten sich statt der eben be-
iebenen geraden Streifen kreisförmige; aber die Erscheinun-
sind zu mannigfaltig, um sie hier weiter zu beschreiben.
4. Noch auf eine andere Weise sah Brewster Farben-
n entstehen, als er die Zurückwerfung des Lichtes von
elgläsern, die wenig gegen einander geneigt waren, beob-
te. Brewster giebt davon folgende Beschreibung [1]. Um
Erscheinung am besten zu beobachten, möge das Licht ei-
erleuchteten Kreises, der unter 1 bis 2 Grad Sehewinkel
eint, beinahe senkrecht auf zwei Platten von Gläsern mit
lelen Oberflächen fallen, die 0,1 Zoll von einander ent-
sind. Man lasse eine der Platten einige Neigung gegen
ndere annehmen, bis eines oder mehrere der zurückgewor-
n Bilder deutlich sich darstellen, getrennt von dem durch
gelassenes Licht hervorgebrachten hellen Bilde, welches
inter den Platten stehende Auge empfängt. Unter diesen
nden zeigt sich das reflectirte Bild durchkreuzt von 15
16 schönen parallelen Streifen; die drei Centralstreifen sind

---

1. Phil. Tr. of the Society of Ediuburgh. Vol. VII. p. 435.

schwärzlich und weifslich, die äufseren sind glänzend grün u roth; die Centralstreifen haben dasselbe Ansehen in Vergleich gegen die äufsern, wie die innern Ringe bei dünnen Blätt gegen die äufseren. Wenn man die Glasplatten so dreht, d ihre Ebene senkrecht gegen den einfallenden Strahl bleibt, bewegen sich die reflectirten Bilder um das helle Bild, und Farbenstreifen bleiben immer senkrecht gegen die Linie, w che die Mittelpuncte des hellen und des reflectirten Bildes v bindet. Bei verminderter Neigung wächst die Breite der benstreifen. Fällt das Licht von jenem Gegenstande schief die Platten, so sieht man keine Farbenstreifen, wenn die falls-Ebene senkrecht auf die Durchschnittslinie beider Pl ist; ist dagegen die Einfalls-Ebene parallel mit dieser Du schnittslinie, so zeigen sich die Bilder heller und die Far streifen lebhafter, wenn der Strahl schiefer auffällt.

Brewster beschreibt die Phänomene noch umständlic und bemerkt, dafs man die Farbenstreifen an den Bildern merkt, die das Auge durch Strahlen sieht, welche zwei Zur werfungen erlitten haben. Zugleich rühmt er diese Far Erscheinungen als zu den schönsten, die man sehen kann, hörend, und glaubt, dafs sie sich auf die Theorie der Anw lungen zurückführen lassen. Er theilt mehrere Gesetze, sich aus seinen Beobachtungen ergeben, mit, aber läfst Entwickelung der auf jene Theorie gebauten Erklärung erörtert.

Alle diese Erscheinungen verdienen noch weiter un sucht zu werden. *B.*

Farbenspindel.

Es ist oben im Artikel *Farbe* No. 20. erwähnt, dafs m vielfach versucht hat, weifses Licht aus einer Mischung de nigen Farben darzustellen, in welche jenes durch das Pri zerlegt zu werden pflegt, und dafs man auf gleiche Weise sogenannten zusammengesetzten Farben z. B. Grün und Vio jenes aus Blau und Gelb, dieses aus Roth und Blau, erzeu kann. Nicht minder ist zugleich nachgewiesen, dafs die F benstoffe, wodurch man dieses bewerkstelligt, nicht alles Li reflectiren, überhaupt aber wegen der Unvollkommenheit il Tingirung das reine prismatische Licht nicht ersetzen kön

insbesondere das erzeugte Weiſs nie rein, sondern
mutzig, dunkel und eigentlich grau seyn muſs. Die-
'erden Mischungen von pulverförmigen Pigmenten nie
gte vollständig leisten, und die Instrumente, womit
e Versuche meistens anzustellen pflegte, bleiben stets
:, und sind daher auch für die physikalischen Appa-
inem nur untergeordneten Werthe. Inzwischen mag
es bisher behaupteten Ansehens hier eine kurze Be-
; derselben Platz finden.

bedient sich zu diesen Versuchen hauptsächlich der
reisel und der *Farbenspindeln*, welche beide ih-
n nach gleichartig, bloſs in der Construction etwas
, übrigens ganz gleiche Versuche gestatten. Beide
chon lange gekannt, indeſs kann ich nicht angeben,
rste Erfinder derselben gewesen seyn mag, jedoch er-
SCHENBROEK [1], daſs er sie verfertigt und Versuche da-
ellt habe, ohne eine ältere Autorität anzugeben. Ver-
sind sie aus diesen von andern Physikern entnommen,
st am ausführlichsten beschrieben, die Kreisel durch
HER [2], die Spindeln durch LÜDICKE [3], denen ich
llichen folge.

Farbenkreisel ist ein gemeiner Kreisel von der Art,
die Kinder als Spielwerk gebrauchen. Die runde
B, aus hartem Holze gedrehet, ist auf die gleich- Fig. 26.
artem Holze (am besten Buxbaum) verfertigte Spindel
kt, welche letztere bei EF einen unten flachen Wulst
die mit den erforderlichen Pigmenten übergezogenen
iben darunter zu befestigen. Wie diese Scheiben aus
eiſsen und glattem, aber zugleich die Farben gut auf-
ı Papiere gemacht seyn müssen, ergiebt sich zwar
, indeſs versinnlicht die Zeichnung, daſs sie, in der Fig. 27.
einem Loche zum Durchstecken der Spindel verse-
eder bloſs auf dem äuſseren Ringe oder auf den gan-
en diejenigen Farben haben müssen, womit man die
anstellen will. Man kann ferner die einzelnen Secto-
e erforderliche Weise mit den gehörigen Pigmenten

---

od. §. MDCCCXX.
rbuch der mech. Naturlehre. Berlin 1827. II. 267.
V. 272. u. XXXIV. 4.

überziehen, und deren so viele, als zur Erzeugung d wünschten zusammengesetzten Farben erforderlich sind, einander legen, durch den Wulst der Spindel an die S festdrücken, und den Kreisel durch Drehung des Sti schnelle Rotation bringen.

Weil die Drehung der Kreisel aus freier Hand minder ist, und die Rotation kürzere Zeit dauert, so sind in Hinsicht die nach Lüdicke's Angabe constrituirten Sp vorzuziehen. Aeltere Apparate dieser Art gleichen den Sch tischen oder Centralmaschinen, und bestehen aus einer ho tal liegenden Scheibe, mit einer in einer Rinne derselbe findlichen Schnur ohne Ende, welche um eine andere, g falls horizontale, Rolle geschlungen diese in eine schnell tation versetzt, wenn die erste Scheibe vermittelst eines tels oder eines Knopfes gedrehet wird. Ueber jener Rolle det sich eine mit ihr parallele Scheibe, und auf dieser die gefärbten Scheiben in ihrer Mitte durch eine Sch festgehalten.

Die nach Lüdicke's Angabe von mir etwas abgeä Farbenspindel besteht aus einem unten mit Tuch überzo
Fig. 28. Fufsklotze a b von etwa 4 Par. Z. Durchmesser, und hi lassen sich die andern Dimensionen leicht entnehmen. An sem Fufse sind die beiden messingnen Bügel c und d verm Schrauben befestigt, welche oben einen messingnen, mit Mutterschraube versehenen, Ring e f tragen, worin das O Rohr h o h von einer für die Gesichtsweite gehörigen geschraubt ist. Letzteres besteht aus einem blofsen, inw geschwärzten Rohre, welches unten der Schraube wege einer messingnen Fassung versehen ist, und auch oben gleichfalls eine solche haben kann. Die untere Schraube dazu, die Glasscheibe *a a* auf dem unter ihr liegenden hor talen Ringe festzuhalten. Diese plane, möglichst weifse durchsichtige Glasscheibe ist ganz mit schwarzer Tusche überzogen, und hat blofs einen durchsichtigen Ring, we man am besten erhält, wenn man sie mit stark geschwä Papiere überklebt, und blofs den durchsichtigen Ring vo bis 2 oder 2,5 Lin. Breite unbedeckt läfst. Auf diesem Pa läfst sich dann leicht mit etwas Kitt vermittelst dünnen L und venetianischen Terpentins das aus der Zeichnung k liche eiserne Scheibchen mit einer kleinen Vertiefung befest

welcher das obere Erde der stählernen Spindel $\varepsilon\varepsilon'$ mit der ingnen Scheibe $\gamma\gamma$ läuft. Das untere Ende ε' dieser Spin- ist etwas dicker, läuft in einer Vertiefung der metallenen raube g, welche von unten mit einem Schlüssel höher geroben werden kann, um einen schlotternden Gang zu verden, ohne zu stark gegen die Glasscheibe $\alpha\alpha$ gepreſst zu rden und diese zu zersprengen. Endlich trägt die Scheibe die mit den gehörigen Pigmenten gefärbten Scheiben von ier, welche durch einen genau schlieſsenden Ring $\delta\delta$ festlten werden; der untere Theil der Spindel ε' aber ist mit kleinen Stiftchen versehen, an welchem eine feine sei- Schnur festgehakt und mehrmals um die Spindel geschlun- wird, so daſs diese nebst ihrer Scheibe durch ein etwas Anziehen der Schnur in eine unglaublich schnelle und, des gröſseren Gewichtes der Scheibe, lange anhaltende versetzt wird, während deren Dauer das Auge bei o aus der Verbindung der verschiedenen Farben neu entende beobachten kann.

Welche Versuche mit diesen beschriebenen Apparaten angestellt werden können, würde überflüssig seyn hier ausführ- zu erzählen, indem es aus demjenigen von selbst folgt, oben über die Farben gesagt ist. Im Allgemeinen will daher nur bemerken, daſs die eigentliche optische Farbentheorie durch dieselben weder begründet noch erweitert werden kann, weil es kein Pigment giebt, welches die reinen ismatischen Farben, wie man sie genau genommen nur vermittelst eines *Fraunhoferschen Prisma's* von Flintglas erhält, rzustellen vermöchte, abgerechnet daſs das Auge oft nur durch Gegensatz mit andern Farben über die eigentliche Beschafnheit einer Farbe genau zu urtheilen im Stande ist, und in iesem Urtheile nicht selten durch gröſsere oder geringere Intensität des farbigen Lichtes getäuscht wird. Wenn also E. G. Fischer[1] glaubt, daſs durch diese Versuche die Lehre von den Grundfarben Gelb, Roth, Blau und von den drei gemischten, Grün, Orange, Violett bewiesen werde, weil diese drei in gleichen Sectoren auf der Farbenspindel Weiſs geben, so wird dieses schon dadurch widerlegt, daſs eine physikalische Wahrheit nur durch genaue Versuche, keineswegs aber durch

[1] S. a. a. O.

mangelhafte bewiesen werden kann. Durch die Vereini aller sieben Farben, eben wie durch Vereinigung von je der eben genannten, desgleichen von je zwei complementi wenn man sie auf die Sectoren der Farbenspindel aufträgt durch schnelle Drehung der letzteren ihren Lichteindruck das beobachtende Auge vermischt, kann zwar wohl ein weifsen Lichte ähnlicher Eindruck hervorgebracht werden lein die Farbe wird allezeit unrein, schmutzig und grau so dafs sich kein bestimmtes Urtheil auf solche Versuche b läfst. Eben so geben Blau und Gelb zwar ein Grün, Roth Blau ein Violett, allein beide auf diese Weise erhaltene Fa sind von denen des reinen prismatischen Lichtes ausnehn verschieden. Die Apparate können also nur zur Belusti und Erläuterung der Farbenlehre gebraucht werden, mit gr rem Nutzen aber von dem Farbenkünstler, um zu untersuc welchen Eindruck der Anblick von zwei sich vermische Pigmenten auf das Auge macht.

Die Wahl der Farben, welche man aufträgt, desglei die Helligkeit oder Tiefe, worin sie aufgetragen werden für das bessere Gelingen der Versuche von grofser Wic keit, und geschieht am besten von einem geübten und der che kundigen Maler. Lüdicke schlägt für weifses Licht gende zwölf Farben vor, mit der zugleich in Graden angeg nen Gröfse der einzelnen gefärbten Sectoren:

a. Röthlich Violett, 40,5 Grade, aus rothem Carmi etwas blauem.

b. Violett, 38 Grade, aus blauem Carmin mit e rothem.

c. Indigo, 36 Grade, aus blauem Carmin mit etwas nigem rothen.

d. Blau, 34 Grade, aus blauem Carmin.

e. Hellblau, 32 Grade, aus blauem Carmin mit e Grün, dünner aufgetragen.

f. Bläulich-Grün, 30,3 Grade, aus krystallisirtem G span in Essig aufgelöset, mit etwas Weinstein.

g. Gelblich-Grün, 28,6 Grade, aus der nämlichen A lösung mit etwas Gummigutte versetzt.

h. Strohgelb, 27 Grade, aus Gummigutte mit ein nig Grün.

tlich sehen. Er fügt hinzu, er habe damit Freunden, die lechte Augen hatten, grofse Dienste geleistet, indem er sie Stand setzte, deutlich zu sehen. — Was er hier eigentlich t, ist undeutlich; aber Gehler bemerkt, dafs ein Schrift- wie Porta, dem es an Ehrgeiz nicht fehlte, eine so ige Entdeckung, wie die des Fernrohrs gewesen wäre, umständlicher und wortreicher würde beschrieben haben. nt ist überdas gar nicht, dafs er irgend etwas beob- habe, was auf den Gebrauch von Fernröhren schlie- fse.

ieronymus Sirturus, ein Mailänder, welcher um et- Vollständiges über das Fernrohr zu schreiben, mehrere bereisete[1], erzählt, 1609 sey ein Unbekannter, dem nach ein Holländer, zu dem Brillenmacher Joh. Lip- oder Lippersheim in Middelburg gekommen und habe ge erhabene und hohle Gläser schleifen lassen, und als in Empfang genommen, habe er ein erhabenes und ein bald näher, bald weiter von einander gehalten. Dieses ich Lippersheim gemerkt, habe aus einer solchen Ver- g zweier Gläser ein Fernrohr gemacht, und es dem Prin- oritz v. Nassau gezeigt, eben dieser Schriftsteller ver- in Spanien einen Baumeister Rogetus angetroffen zu der die Kunst, Fernröhre zu machen, schon lange ge- und ein Buch darüber geschrieben habe.

scartes, der später über diese Erfindung redet[2], schreibt ckung dem Zufall zu. Ein gewisser Metius, ein als Mathematiker berühmten Adrian Metius, habe gen an Verfertigung von Spiegeln und Brenngläsern ge- , und versucht, durch ein hohles und ein erhabenes Glas zu sehen; er habe diese in einer Röhre so angebracht, aus das erste Fernrohr entstanden sey.

ter Borellus[3] schreibt diese Entdeckung mit vieler cheinlichkeit dem Brillenmacher Zacharias Jansen in lburg zu. Er theilt gerichtliche Aussagen mit, nach

---

Telescopium. (Francof. 1618.) p. 24.

In der Dioptrica, welche 1637 erschien, sagte er, vor etwa ı sey durch Zufall das Fernrohr entdeckt. Cap. 1.

e vero telescopii inventore. Hagae Com. 1655. vorzüglich n. 14. Vergl. J. d. Ph. XCIII. 150.

welchen der Sohn dieses Jansen bezeugt, sein Vater habe 1590 Fernröhre verfertigt, und eines dem Prinzen M überreicht, das andere dem Erzherzoge ALBRECHT. Dre dere Einwohner von Middelburg geben an, der eine, dafs vor 1600, der andere, dafs vor 1605, der dritte vor 1610 in delburg Fernröhre von einem Brillenmacher HANS LAPRE fertigt wären. Diese Zeugnisse begleitet BORELLUS mit Briefe des Holländischen Gesandten WILH. BOREEL, de ZACH. JANSEN und dessen Vater gekannt zu haben vers Er versichert, diese Künstler hätten dem Erzherzoge ALB ein zusammengesetztes Mikroskop überreicht, und 161 Fernrohr erfunden; ein Fernrohr sey dem Prinzen M übergeben, und dieser habe ein im Kriege so nützliche strument nicht wollen bekannt werden lassen. Dennoc die Sache bekannt geworden und ein Unbekannter sey, an thum zu dem JOH. LAPREY (der hiernach mit dem LIPPER einerlei zu seyn schiene,) gekommen, um sich eines mach lassen; dieser habe aus dem, was der Unbekannte ihm sagt Einrichtung errathen, die Fernröhre nachgemacht und ö lich verkauft. ADRIAN METIUS und DREBBEL hätten JANSEN Fernröhre gekauft. Er bemerkt endlich auch noc sey nicht Zufall, sondern geschickte Zusammenordnung g sen. Diese Erzählung hat viel Wahrscheinliches und HUYGENS[1] versichert zu wissen, dafs schon vor METIU 1609 ein Künstler in Middelburg Fernröhre gemacht habe.

WEIDLER beweist, dafs schon 1608 Fernröhre aus Ho gekommen sind[2]. SIMON MARIUS nämlich erhielt von Herrn JOH. PHIL. FUCHS von Bimbach die Nachricht, d ein solches, von einem Holländer zu sehr hohem Preise gebotenes Instrument auf der Herbstmesse 1608 zu Frankfu Mayn gesehen habe. SIMON MARIUS probirte nun so selbst ein Fernrohr zu machen, was aber, da die Nürnl Künstler keine Gläser von hinreichender Brennweite l konnten, nicht gelang. Dennoch war Marius schon in vember 1609 so glücklich, durch ein aus Holland erha Fernrohr die Jupiterstrabanten zu entdecken[3].

---

1 Opusc. posth. Lugd. Bat. 1703. p. 136.

2 Historia astronomia Cap. 15. §. 12.

3 Als bemerkenswerth führt v. ZACH an, dafs man scho

Galilaei erhielt im April oder Mai 1609 in Venedig Nachricht von einem solchen in Holland verfertigten Instrumente, welches entfernte Gegenstände so zeige, als ob sie nahe wären. Er reisete sogleich nach Padua zurück, und errieth schon in der folgenden Nacht die Einrichtung; er machte sich aus einem Planconvex- und einem Planconcav-Glase ein Fernrohr, und da dieses den erwarteten Erfolg zeigte, so machte er sogleich noch ein besseres, das achtmal vergröſserte. Dieses zeigte er gleich nachher in Venedig den dortigen gelehrten und angesehenen Männern, und machte nun bald mit Hülfe desselben die Entdeckungen am Himmel, die hier nicht weiter hergehören[1].

Daſs ein Neapolitaner Fontana schon vor 1608 die Fernröhre gekannt zu haben behauptet, muſs wenigstens der Vollständigkeit wegen erwähnt werden[2].

3. Die weiteren Verbesserungen der Fernröhre will ich kurz erzählen. Kepler gab zuerst eine theoretische Entwickelung der Gründe, warum das Fernrohr diese Wirkung habe, und erfand das *astronomische Fernrohr* aus zwei Convexgläsern[3], dessen sich Scheiner zuerst wirklich bedient zu haben scheint[4].

Schon Kepler hatte bemerkt, daſs man das umgekehrt erscheinende Bild im astronomischen Fernrohre durch ein zweites Augenglas wieder aufrecht darstellen könne; aber diese minder angemessene Einrichtung ist nicht benutzt, sondern die des Ant. Mar. de Rheita[5] fand mit Recht mehr Beifall und gab das noch jetzt gebräuchliche Erdfernrohr. Man brachte auch mehr als drei Augengläser an, und erreichte dadurch einige Vortheile; unter andern waren Dollonds Fernröhre mit 5 Gläsern vor der Erfindung der achromatischen Fernröhre beliebt[6].

Fernröhre in London so zahlreich hatte, daſs von einer Auswahl die Rede seyn konnte. de Zach Correspondance astronomique. VII. 122.

1 Nuntius sidereus. Florent. 1610. p. 4—11.

2 Novae terrestrium et coelestium observationes. Neap. 1646.

3 Dioptrica. Aug. Vindel. 1611.

4 Rosa ursina. Bracciani 1630. p. 130.

5 Oculus Enochi et Eliae. Antv. 1665.

6 Phil. Tr. Vol. 48. p. 103.

Das Hauptbestreben der Optiker ging nun darauf hin, Verlängerung der Fernröhre eine sehr starke Vergröfsern hinreichendem Lichte und hinreichender Deutlichkeit zu ten. Eustachius de Divinis in Rom, Campani in B Huygens und Auzout brachten Gläser von ungemein Brennweiten zu Stande, zum Beispiel die von Cassini ten, deren Brennweiten 100 und 136 Fuſs waren, und welche dieser die kleinern Saturnsmonde entdeckte, fer von 123 Fuſs Brennweite, durch welches Pound und Br beobachteten; ja Auzout hat ein Glas von 600 Fuſs weite verfertigt, das aber aus Mangel bequemer Aufstellun gebraucht werden konnte[1].

Die groſse Schwierigkeit, diese Gläser zum Gebrau hinreichend lange Röhren zu fassen, worüber man si Hevel und Bianchini[2] belehren kann, gab Veranlass Ferngläsern ohne Röhren oder *Luftferngläsern* (tele aërien). Huygens gab nämlich Mittel an[3] ohne sc Röhren, sich der Gläser von so groſser Brennweite zu nen, die ungefähr in Folgendem bestehen. Er befesti Glas, welches als Objectivglas dienen sollte, in einem Rohre, das vermittelst einer Nuſs nach allen Seiten bew war. Dieses Rohr wurde an einer sehr hohen Stange, a Giebel eines Hauses oder einem andern hohen Gegenstan festigt, und der untenstehende Beobachter konnte ihm v telst einer Schnur alle erforderliche Richtungen geben; d genglas konnte, unten angebracht, eben so in die erforde Stellungen und Richtungen gebracht werden, und so k Gläser von ganz ungemein groſsen Brennweiten, wenigst Nacht, wo das Auge durch fremde Lichtstrahlen, welch durch das Rohr abgehalten werden, nicht gehindert wird

1 Hartsoeker giebt eine Methode an, solche Gläser zu v gen. Essaí de Dioptrique. Paris 1694. und auch Huygens g leitung hierzu: Comm. de vitris figurandis in s. Opp. posth. Bat. 1703.

2 Hevelii mach. coelestis Tom. II. Bianchini de Hesperi et phori novis phaenom. Romae 1728.

3 Astroscopia compendiaria, tubi optici molimine liberata gae 1684. und Smith Lehrbegriff der Optik, übersetzt von K Altenburg 1755. S. 329. Taf. XIX. auch Priestley Geschicht Optik. S. 159 und Montucla II. 509.

macht werden. POUND und BRADLEY bedienten sich wirklich er solchen unter HUYGENS eigner Aufsicht ausgeführten richtung und POUND sah durch das so angeordnete Fernrohr Saturnsmonde[1].

Unterdefs beschäftigten sich CARTESIUS und HUYGENS mit ollkommung der Theorie. CARTESIUS[2] suchte Mittel, um h hyperbolische und elliptische Gestalt der Oberflächen der er diejenigen Fehler zu vermeiden, welche als Abweichung n der Kugelgestalt bei den Linsengläsern statt finden.

HUYGENS[3] dagegen vervollkommnete durch Untersuchun-, welche die Anordnung der Gläser betrafen, die Theorie s Fernrohrs. Aber kurz nachher zeigten NEWTON, dafs der sere Nachtheil in Hinsicht auf die Deutlichkeit der Bilder in Farbenzerstreuung liege, und dafs diesem durch veränderte der Gläser nicht abzuhelfen sey. NEWTON empfahl daher Spiegelteleskope, weil er eine Verbesserung der dioptrischen röhre in Hinsicht auf die Farbenzerstreuung für unmög- h hielt[4].

In der folgenden Zeit machte die Kunst, Fernröhre zu ver- igen, keine Fortschritte, bis EULER 1747 die Behauptung tellte[5], eine aus mehrern Gläsern zusammengesetzte Linse ne wohl die Farbenzerstreuung aufheben. Diese Behauptung ien indefs den Optikern blofs hypothetisch, DOLLOND so- hl als CLAIRAUT erklärten sich, auf NEWTON's Versuche ge- stützt, gegen sie; bis 1754 endlich KLINGENSTIERNA's Unter- uchung in NEWTON's Schlüssen über die bei allen Körpern nach nerlei Gesetzen erfolgende Farbenzerstreuung Unrichtigkeiten tdeckte[6]. Dieses veranlafste JOHN DOLLOND, einen Versuch

---

1 Aehnliche Vorschläge von BIANCHINI, und DE LA HIRE erwähnt ith. S. 335.

2 Dioptrice Cap. 8. 9.

3 Opusc. posth. Lugd. Bat. 1703.

4 Optice Lib. I. Pars I. Propos. 7.

5 Mém. de l'ac. de Berlin. pour 1747. EULER gründete zuerst ine Behauptung auf die Brechung im Auge, indem er glaubte, im ge werde die Farbenzerstreuung ganz aufgehoben. Obgleich nun eses, wie unter andern FRAUNHOFER (G. LVI. 304.) zeigt, nicht streng htig ist, so hat dennoch EULER sich hierdurch auf den rechten Weg ten lassen.

6 Schwed. Abh. XVI. 300.

mit einem Wasserprisma und einem Glasprisma anzustelle er den ausfahrenden Strahl, obgleich er mit dem einfall parallel war, dennoch farbig fand, und dies bewog ih Prismen aus verschiedenen Glasarten so zusammen zu o dafs sie keine Farbenzerstreuung bewirkten, obgleich si Brechung des Lichtes hervorbrachten, und endlich brac achromatische Linsen zu Stande[1]. CLAIRAUT und D'ALEMI und KLINGENSTIERNA[3] suchten die Theorie zu vervollko konnten aber doch keine den Künstlern nützliche Anleitu ben, sondern die achromatischen Fernröhre der Engländ hielten ihren Vorzug.

EULER konnte sich jetzt von der Richtigkeit der Doll schen Versuche nicht überzeugen, da seine Theorie der F zerstreuung etwas anderes zu ergeben schien, und e CLAIRAUT ihn überzeugte, nicht Zufall, nicht glücklich fallene Gestalt der Gläser, sondern eine den Versuchen g angeordnete Form sey der Grund der Vorzüglichkeit der lond'schen Telescope, so gab er seine Theorie auf, und nun an, die Dollond'sche Erfindung durch eigene Unters gen aufzuklären[4]; und hieran schlossen sich die Bemüh von FUSS[5] und KLÜGEL[6]. Diese theoretischen Unters gen konnten indefs nicht bewirken, dafs die Fernröhre noch gröfsern Grad von Vollkommenheit erreichten, vi wurden nach PETER DOLLOND, der seinen Vater JOHN Do noch übertraf, selbst in England die achromatischen Fe schlechter, weil das dazu erforderliche Flintglas in schle Qualität verfertigt wurde.

Erst durch FRAUNHOFER, der eine Methode, die Gla vollkommen rein darzustellen, erfand, und durch Theori mechanisches Talent geleitet, es möglich machte, diopt Fernröhre von viel gröfserer Oeffnung der Objectivlinse zu

---

1 Phil. Tr. L. 733.

2 Mém. de l'ac. de Paris 1756. 1757. 1764. 1765. 1767.

3 Tentamen de corrigendis aberrationibus luminis in le refracti etc. Petrop. 1762.

4 Vorzüglich in L. Euleri Dioptrica. Petrop. et Lips. 17

5 Fufs Anweisung Fernröhre von grofser Vollkommenheit z fertigen. Leipz. 1778.

6 Klügels analyt. Dioptrik. Leipz. 1778.

igen, ist aufs Neue gezeigt, dafs die Kunst, dioptrische nröhre zu verfertigen, noch nicht ihren höchsten Gipfel erht hat, und dafs wir, wenn ein gleich talentvoller Künstler durch einen zu frühen Tod unterbrochenen Bemühunweiter fortsetzt, noch stärkere Fernröhre erhalten können, ir durch ihn besitzen, wenn gleich diese alles bis dahin tete weit übertreffen[1].

gemeine Bemerkungen über die Einrichtung des Fernrohrs.

4. Wenn die von einem entfernten Gegenstande ausgehen-Strahlen ein convexes Glas treffen, so werden sie so geen, dafs die von einerlei Puncte ausgehenden Strahlen sich er in einen Punct vereinigen, und da dieses für jeden gilt, so stellt sich dort, wo jene Vereinigungspuncte liein Bild des Gegenstandes dar. Dieses Bild betrachtet durch ein zweites Glas oder durch eine passende Verbinmehrerer Gläser, die so angeordnet sind, dafs der Gegenunter einem gröſsern Sehewinkel erscheint, als er sich bloſsen Auge zeigt. Eine solche Verbindung von Gläsern Fernrohr, dessen Einrichtung im Einzelnen allerdings verschieden seyn kann.

Jenes Glas, welches die Lichtstrahlen von dem Gegenempfängt, heifst das **Objectivglas** (*vitrum obvum*; s. *lens objectiva*; lentille objective; *objects*); das Glas, durch welches das Auge das entstandene besieht, heifst das Augenglas **Ocularglas** (*vitrum are* s. *lens ocularis*; lentille oculaire; *eye-glafs*) zwar ein *einfaches* Ocular, wenn es nur aus einem Glase ht, ein *zusammengesetztes*, wenn mehrere Gläser in der rröhre verbunden sind.

Bei jedem Fernrohr kommt die Frage vor, wie stark die **gröfserung** (*amplificatio*; le grossissement; *magnifying power*) sey, oder in welchem Verhältnisse Sehewinkel mit Hülfe des Fernrohrs zu dem Sehewinkel it bloſsen Augen gesehenen Gegenstandes stehe; wie groſs

[1] Struve Beschreibung eines grofsen Refractors von Fraunhofer pat. 1825. und Schumach. astr. Nachr. IV. 17.

das Gesichtsfeld (*campus*; le champ; *the fi*
oder der Raum ist, den man durch das Fernrohr übersi
ferner welche *Lichtstärke* das Fernrohr gewährt, oder mit
chem Glanze der Gegenstand im Fernrohr erscheint; end
welchen Grad der *Deutlichkeit* das Bild des Gegenstande
Fernrohre besitzt.

Um die *Vergröſserung*, welche durch ein Fernrohr
vorgebracht wird, durch eine Beobachtung kennen zu le
dient bei mäſsigen Vergröſserungen recht gut eine Beobach
mit beiden Augen, indem das eine Auge den Gegenstand d
das Fernrohr besieht, während das andere frei auf eben
selben gerichtet ist. Wenn beide Augen gleich gut sehen
erblickt man dann den vergröſsert gesehenen Gegenstand
dem schwebend, der in seiner natürlichen Gröſse erscheint,
wenn der Gegenstand ein solcher ist, der gleiche Abtheilu
darbietet, wozu man gewöhnlich die Dachziegel eines H
zu empfehlen pflegt, so läſst sich wahrnehmen, wie viele
che Abtheilungen des unvergröſsert gesehenen Gegenst
von einer Abtheilung des vergröſsert gesehenen verdeckt
den; diese Vergleichung giebt sogleich die Vergröſserung g
genug für Zwecke, die keine sehr strenge Bestimmung for
zumal dann, wenn die Vergröſserung nicht über das 20
oder 30fache hinausgeht. Zu genauern Bestimmungen führe
im Folgenden angeführten Berechnungen. Das *Feld des l*
rohrs bestimmt man nach dem Sehewinkel, so daſs der I
messer des Sehefeldes in Graden und Minuten angegebe
Gröſse des auf einmal zu übersehenden Raumes ausdrückt.
findet es bei einem gegebenen Fernrohre am besten durch
Reihe astronomischer Beobachtungen. Zu diesem Zwecke
man das Fernrohr in unveränderlicher Stellung auf, und
achtet die Zeit, welche irgend ein bekannter Stern gebr
um den ganzen Durchmesser des Feldes zu durchlaufen; h
Instrument ein Fadenkreuz, so kann man bei gut gearb
Instrumenten den Faden als den Durchmesser ansehen u
Fernrohr so stellen, daſs der Stern genau an dem
durchgeht; sonst aber muſs man bei wiederholter Beoba
den Durchgang so zu erhalten suchen, daſs der Stern
eine Sehne, sondern den Durchmesser durchläuft. Für
bekannten Stern, dessen Declination man kennt, ist be

lchen Bogen er in gegebener Zeit durchläuft, und so erhält an also unmittelbar die Gröſse des Feldes in Minuten und Se- nden ausgedrückt, am besten, wenn man bei Beobachtungen rschiedener Sterne ein Mittel aus den Beobachtungen nimmt.

Um die Lichtstärke abzuschätzen, muſs man das Maſs von icht, welches das freie Auge von eben dem Gegenstande em- fängt, als Einheit voraussetzen. Wenn der Halbmesser der pille $= a$ ist, und man durch l die bei jedem bestimmten genstande verschiedene eigenthümliche Lichtstärke bezeich- t, so ist $\pi a^2 l$. der Ausdruck für das gesammte vom Auge gefangene Licht. Diese Lichtstärke, welche den gesamm- n Eindruck auf das Auge bestimmt, kommt allein in Betrach- ng da, wo von keiner erheblichen scheinbaren Gröſse die de ist. Dagegen muſs man den Grad der Lichtstärke jedes nzelnen Punctes in dem uns erscheinenden Gegenstande, oder n Grad der Erleuchtung jedes einzelnen Punctes in dem auf r Retina dargestellten Bilde betrachten, wenn der Gegenstand ne erhebliche scheinbare Gröſse hat. Wäre zum Beispiel der sehene Gegenstand kreisförmig von scheinbarem Halbmesser φ, so wäre dieses Bild auf der Retina der Gröſse $\pi\varphi^2$ propor- nal, und jene gesammte Lichtmenge über das Bild ausge- eilt, gäbe eine mittlere Helligkeit $= \frac{a^2 l}{\varphi^2}$, als die gesehene nheit für jeden Punct des Gegenstandes. Wenn nun ein rnrohr die Menge des dem Auge zugeführten Lichtes so ver- öſsert, daſs sie $\mu . \pi a^2 l$ wird, statt daſs sie für das bloſse uge $= \pi a^2 l$ war, so ist die absolute Lichtstärke des Fern- hrs $= \mu$; aber wenn zugleich der Sehewinkel so vergröſsert ird, daſs er $\lambda\varphi$ ist, so wird man bei Gegenständen, deren heinbare Gröſse in Betrachtung kommt, die gesehene Hellig- it jedes Punctes $= \frac{\mu}{\lambda} \frac{a^2 l}{\varphi^2}$ setzen müssen.

Herschel knüpft hieran eine andere Betrachtung[1]. Wenn n entfernter kugelförmiger Weltkörper Licht von bestimmter nsität besitzt: so ist der Lichteindruck auf unser Auge nicht s der Intensität $= i$, sondern auch der scheinbaren Flächen- öſse $= \pi\varphi^2$ proportional. Aber φ ist der Entfernung $= D$

1 Philos. Transact. for 1800, und daraus in Bode's Jahrbuch für 04. S. 231.

umgekehrt proportional, also, da hier blofs von proportion Ausdrücken die Rede ist, die uns zugesandte Lichtst $=i.\pi\varphi^2$, oder $=\frac{i}{D^2}$. So können wir also das gesammte unserm Auge aufgefangene Licht $=\frac{a^2.i}{D^2}$ setzen, oder di der Flächengröfse der Pupille und der Intensität i direct, Quadrate der Entfernung D umgekehrt proportional setzen. sitzen wir nun ein Fernrohr, das dem Auge die gesam Lichtmenge $=\frac{\mu.a^2.i}{D^2}$ zuführt, und ist durch dieses Fe rohr die Empfindung in unserm Auge so, wie sie dem blo Auge seyn würde, wenn derselbe Gegenstand sich in der E fernung $\frac{1}{m}$ D befände, so ist $\frac{\mu.a^2 i}{D^2}=\frac{a^2 i}{\frac{1}{m^2}D^2}=\frac{m^2 a^2 i}{D^2}$, also $m=\sqrt{\mu}$. Hiernach ist also $m=\sqrt{\mu}$ die *Raum durchdi gende Kraft* (*space penetrating power*) des Fernro oder ein Fernrohr, das dem Auge μ mal so viel Lichtstra zuführt, als das blofse Auge empfinge, zeigt Gegenständ der Entfernung $D.\sqrt{\mu}$ mit eben so viel gesammtem Gla als sie dem blofsen Auge erschiene, wenn ihre Entfern $=D$ wäre.

Herschels 40fufsiger Telescop bringt über 36500 ma viel Lichtstrahlen in das Auge, als das blofse Auge von d dem Gegenstande empfinge, und seine Raum durchdringe Kraft ist daher $=191$, oder dieses Fernrohr würde den Si wenn er 191 mal so weit hinausgerückt würde, noch e so glänzend zeigen, als er jetzt dem blofsen Auge erscheint[1]

Die *Deutlichkeit* des Bildes im Fernrohr würde vollk men seyn, wenn die Gläser oder Spiegel alle von *einem* Pu ausgehenden Strahlen in *einem* Puncte vereinigten. Dieses schieht nicht, theils vermöge der Abweichung wegen der gelgestalt, theils vermöge der Abweichung wegen der Far zerstreuung, die letzte kommt bei vollkommen achromatis Gläsern und bei Spiegelteleskopen nicht in Betrachtung, bei nicht achromatischen, dioptrischen Fernröhren aber machte

---

1 Vergl. unten No. 13.

rade die Hauptsache aus, und deshalb diente sie zu Begrünung der von HUYGENS für die Apertur gegebenen Regeln[1].

5. Die *Axe des Fernrohrs* ist diejenige gerade Linie, in welcher sich die Mittelpuncte aller der Kugelflächen befinden, deren Theile die Oberfläche der convexen oder concaven Gläser sind. Alle diese Mittelpuncte müssen in derselben geraden Linie liegen, wenn das Fernrohr seine Dienste thun soll, und es liegen dann zugleich die Brennpuncte der Gläser, es mögen nun ihre Sammlungspuncte oder Zerstreuungspuncte seyn, in eben dieser gerade Linie. Ist die Stellung der Gläser dieser Forderung gemäſs berichtigt, so heiſst das Fernrohr richtig *centrirt*. Wie der Weg der Lichtstrahlen durch die Linsengläser bestimmt werden muſs, wird in dem Artikel *Linsengläser* umständlich gezeigt; ich werde hier die dort anzugebenden Formeln bloſs anführen und ihrem Sinne nach erklären.

Es sey $\frac{n}{m}$ das Brechungsverhältniſs für Strahlen, die aus Luft in das Glas der zu betrachtenden Linse übergehen; r und ϱ die Halbmesser der beiden Kugeln, denen die beiden Oberflächen des Linsenglases zugehören; b ist die Entfernung des Gegenstandes vom Linsenglase, x die Entfernung des Bildes oder des Sammelpunctes hinter dem Glase, so ist

$$x = \frac{n b r \varrho}{(m-n) b (r+\varrho) - n r \varrho},$$ wenn die Dicke des Glases als unbedeutend nicht beachtet wird. Diese Formel gilt für alle einfachen Linsengläser, nur muſs, da sie für Gläser, die an beiden Seiten convex sind, eingerichtet ist, derjenige Radius r oder ϱ, welcher einer concaven Oberfläche entspricht, als negativ in die Rechnung gebracht werden. Wenn hier x positiv ausfällt, so bedeutet es eine Entfernung des Bildes an der dem Objecte entgegengesetzten Seite; negative Werthe von x zeigen dagegen an, daſs die Strahlen an jener Seite des Glases so fortgehen, als ob sie von einem in der Entfernung = x vor dem Glase liegenden Puncte ausgingen. In jenem Falle, der bei Convexgläsern und erheblich entfernten Gegenständen immer statt findet, ist es ein wirklicher *Sammelpunct* der Strahlen, in dem andern Falle, der bei Hohlgläsern eintritt, ist es ein *Zer-*

1 Vergl. nachher No. 14.

strnuungspunct, und nur in jenem Falle ist ein wirkli Bild vorhanden. Wenn der Gegenstand sehr entfernt lieg kann b als unendlich groſs angesehen werden, und dann x in die Brennweite $f = \frac{nr\varrho}{(m-n)(r+\varrho)}$ über und man nun allgemein $x = \frac{bf}{b-f}$. Ich gehe nun zu Betrachtun einzelnen Einrichtungen der Fernröhre über.

Das Holländische oder Galiläis Fernrohr.

6. Das zuerst in Gebrauch gekommene Fernrohr, we das holländische Fernrohr (*tubus batavus*; teles hollandois; *dutch telescope*) oder das Galiläi's Fernrohr (*tubus Galilaeanus*; lunette de Gal *Galileo's telescope*) genannt wird, gewährte die An lichkeit, daſs man mit zwei Gläsern nicht nur ein vergröſ sondern auch ein aufrechtes Bild des Gegenstandes erhielt. Objectivglas war ein convexes Glas von nicht zu kleiner B weite, das Ocularglas ein concaves Glas von geringerem stande des Zerstreuungspunctes. Um die Wirkung des In mentes zu beurtheil , will ich zuerst Strahlen, die von e ungemein entfernten in der Axe des Fernrohrs liegenden Pu
Fig. 29. A ausgehen, betrachten. Diese fallen, weil sie von ein entfernten Puncte ausgehen, fast völlig parallel auf, und einigen sich in dem Brennpuncte a des Objectivglases. Wir hen hier diese Vereinigung als vollkommen an, obgleich sie sehr groſsen Linsen das nicht wäre, da hier nur von Lin deren Kugeltheile sehr kleine Bogen umfassen, die Rede Eben so würden Strahlen mn, pC, welche geneigt gegen Axe, unter sich parallel einfallen, sich in b vereinigen, der Punct b würde bestimmt, wenn man auf dem durch Mitte C des Glases gehenden Strahle, welcher ungebro durchgeht, Cb der Brennweite gleich auftrüge. In ab w sich nun ein umgekehrtes Bild des Gegenstandes darst wenn nicht das zwischen C und ab aufgestellte Hohlglas nach a convergirenden oder vielmehr nach den einzeln Puncten von ab convergirenden Strahlen auffinge. Steht di ses Hohlglas so, daſs a sein Zerstreuungspunct ist, so lehrt

eorie der Linsengläser, daſs die gegen a convergirenden ahlen, wie u R, C v, nach dem Durchgange durch das conre Glas parallel werden, und daſs also ein fernsichtiges Auge o den Punct A deutlich sieht. Eben so werden die mit p C llel einfallenden, nach der Brechung im Objectivglase gegen nvergirenden Strahlen, bei der eben angenommenen Stelg des Oculars, aus diesem unter sich parallel, so wie v b, s t, vorgehen, und das Auge in o wird auch den Punct, von chem sie ausgehen, und so alle zwischen jenen liegende cte deutlich sehen.

7. Das Auge in o sieht aber auch den Gegenstand vergert. Wenn p C, A C die Strahlen sind, die von dem oberund untersten Puncte des Gegenstandes zum Auge kom-, so würde ein Auge in C den Gegenstand unter dem Sehekel p C A sehen, und da das Auge in o so wenig weiter nt ist, daſs dieses in Vergleichung gegen die Entfernung Gegenstandes nicht in Betrachtung kommen kann, so ist A der natürliche Sehewinkel für das Auge in o der durch Fernrohr vergröſserte Sehewinkel dagegen ist r o v, und es sich leicht zeigen, in welchem Verhältnisse dieser gröſser p C A ist. Die beiden durch die Mitte des Objectivglases nden Strahlen A a, p b, würden ungebrochen nach a und b gen, wenn das Ocular nicht da wäre; aber im Ocular wird in die Richtung s t gebrochen und unter den gegen b gen Strahlen kommt nur der durch die Mitte des Oculars e Strahl u v b nach b, und mit ihm sind alle ausfallende obern Puncte des Gegenstandes herkommende Strahlen v b, s t parallel. Der Winkel $r o v = a v b$ ist also so bet, daſs $a b = v a$. Tang. $r o v = C a$. Tang. $p C A$ ist, oder der Tangente und Bogen als gleich anzusehen sind, der kel $r o v = \frac{C a}{v a} . p C A$, der vergröſserte Sehewinkel verhält also zum natürlichen Sehewinkel, wie C a zu v a, wie die nweite des Objectivs zu der Entfernung des Zerstreuungstes des Oculars. Wenn also zum Beispiel mit einem Ocudessen Zerstreuungspunct 1 Zoll entfernt ist, eine 30 malige gröſserung bewirkt werden sollte, so müſste das Objectiv Zoll Brennweite haben. Die Länge des Fernrohrs, d. h. der stand beider Gläser von einander, ist dem Unterschiede beider nweiten gleich. Wenn die Gläser so geschliffen sind, daſs

beide convexe Seiten des Objectivs einerlei Kugelfläche angehören, so ist die Brennweite

$$f = \frac{n r}{2(m-n)},$$

und wenn eben so r' den Halbmesser beider Oberflächen des Hohlglases bezeichnet, so ist für dieses

$$f' = \frac{-n \cdot r'}{2(m-n)},$$

also $\frac{f}{f'} = \frac{r}{r'}$, die Vergröſserung. In andern Fällen würde dieser Ausdruck verwickelter, wenn man ihn durch die Radien angeben wollte.

8. Dieses Fernrohr hat die Unbequemlichkeit, ein sehr kleines Gesichtsfeld zu geben, besonders dann, wenn das Auge nicht ungemein nahe hinter dem Augenglase steht. Stellt in unserer Figur u den äuſserten Punct des Glases vor, so ist z u der äuſserste gegen die Axe geneigte Strahl, welcher noch nach z u r o gebrochen, das Auge o erreicht, und wenn p C mit z u parallel ist, so ist p C A der Halbmesser des Gesichtsfeldes. Das Bild soll hier alles was in dem Halbmesser des Gesichtsfeldes liegt, darstellen, und wenn ich also diesen $= \varphi =$ p C A nenne und Bogen und Tangente verwechsle, so ist $ab = Ca \cdot \varphi = f \cdot \varphi$, wenn f die Brennweite ist. Der Punct r, wo der äuſserste auf das Glas fallende und nach b gelangende Strahl das Ocular trifft, wird hier zunächst durch r v vermittelst der Proportion $(ab + rv) : ab + cu = av : aC$, oder wenn der Halbmesser des Objectivs $Cu = h$ ist, durch

$$f \cdot \varphi + rv \;:\; f \cdot \varphi + h = f' : f,$$

$$\text{das ist } rv = f' \cdot \varphi + \frac{f'}{f} \cdot h - f \cdot \varphi$$

bestimmt. Nenne ich aber die Entfernung des Auges vom Ocular $ov = z$, so ist auch $rv = z \cdot \frac{f\varphi}{f'}$ und daher $\varphi = \frac{h \cdot f'^2}{f(zf + (f - f')f')}$.

Bei einem Objective also, dessen Halbmesser $= h$, einen Zoll betrüge, und das zehnmal vergröſsern sollte, also $\frac{f}{f'} = 10$, würde $\varphi = \frac{\frac{1}{10} \cdot h}{10 \cdot z + 9 \cdot f'}$ also für $z = \frac{1}{4}$ Zoll und $f' = 1$ Zoll, $\varphi = 31'$; dagegen für $z = \frac{1}{2}$ Zoll, $\varphi = 24'$. Sollte aber $\frac{f}{f'} = 20$ seyn, und $h = f' = 1$, so wäre für $z = \frac{1}{4}$ Zoll, $\varphi = 8$,

ungemein kleines Sehefeld, dabei müfste $vr = \frac{hz}{z\frac{f}{f'} + (f - f')}$ seyn, oder so grofs müfste wenigstens der Halbmesser des Oculars seyn, um die vom Rande des Gesichtsfeldes kommenden Strahlen noch durchzulassen. Die Kleinheit der Gesichtsfeldes, selbst bei mäfsigen Vergröfserungen, ist der Grund, warum dieses Fernrohr nicht mehr im Gebrauche ist, und nur noch zu Taschenfernröhren angewandt wird, wobei $\frac{f}{f'}$ kaum jemals einen höhern Werth als 4 oder 5 hat. In diesem Falle wird, wenn h auch nur ¼ Zoll ist, und f' = 1 Zoll, z = ¼ Zoll wäre, doch beträchtlich über 1 Grad. Das Gesichtsfeld würde vergrössert, wenn man zwischen den bisher betrachteten beiden Gläsern noch ein convexes Glas einsetzte, aber da wir eine ähnliche Einrichtung zur Sammlung der Strahlen nachher bei dem astronomischen Fernrohr betrachten müssen, so will ich sie hier übergehen.

9. Dagegen mufs ich doch noch erwähnen, was für Änderungen dieses Fernrohr erleiden mufs, wenn der beobachtete Gegenstand weniger entfernt ist, und ferner wenn das Auge kurzsichtig ist.

Wenn der Gegenstand näher ist, so dafs in der Formel für x (No. 5.) das letzte Glied des Nenners nicht ganz unbedeutend wird, so wird der Abstand des Bildes, Ca., gröfser. Nehmen wir noch immer einen fernsichtigen Beobachter an, der also das Augenglas so stellt, dafs es ihm parallele Strahlen giebt: so mufs dieser das Augenglas ein wenig vom Objective entfernen, nämlich so, dafs der Zerstreuungspunct des Hohlglases nun mit dem in der Axe liegenden Puncte des Bildes zusammenfällt. Da man nie ungemein nahe Gegenstände betrachtet, so wird $x = \frac{fb}{b - f}$ oder wenn $b = \mu f$ ist, $x = \frac{\mu}{\mu - 1} \cdot f$, niemals sehr von f verschieden, jedoch für einen Gegenstand, dessen Entfernung zehnfach so grofs als f, erhielt man $x = f + \frac{1}{9} f$, so dafs das Vorrücken des Oculars allerdings ein Neuntel der Brennweite betragen würde. Ist der Beobachter dagegen kurzsichtig, richtet aber seine Beobachtung auf einen unendlich entfernten Gegenstand, so bleibt Ca die wahre Brennweite,

die Mitte C einfallenden Strahlen sehen, nur die, als die ä sten, von welchen der gerade fortgeführte Lichtstrahl p Rand H des Oculars träfe. Diese Gegenstände scheinen der ge o um den Winkel v o H von der Axe entfernt zu liegen Winkel aber, um welchen eben diese Gegenstände dem bl Auge von der Axe entfernt zu liegen scheinen, ist der messer des Gesichtsfeldes $= H C v = p C A$, und dieser W kann $\varphi = \frac{h'}{f + f'}$ gesetzt werden, wenn h' der Halbm des Augenglases ist; φ ist also so groſs, als der Halbm des Oculars, von dem Mittelpuncte des Objectives aus hen, erscheint. Bei kurzen Fernröhren müſste man $\text{Tang.}\, pCA = \frac{h'}{f + f'}$ den Winkel selbst erst suchen. Ü gens versteht es sich von selbst, daſs h' der Halbmesser de fenen Theiles des Augenglases ist, wenn dieses zum durch eine Blendung bedeckt wäre.

12. Man kann ein gröſseres Gesichtsfeld mit Hülfe doppelten Oculars erhalten. Um die Wirkung dieses dop Oculars in Hinsicht auf Vergröſserung zu übersehen, nehm das erste Ocular zwischen dem Objectiv und seinem Brennp
Fig. 81. in der Entfernung $f x = k$ vom Brennpuncte an.

Da nun die im Objective gebrochenen Strahlen gegen f vergiren, so ist in der Formel (No. 4.) $b = -k$ zu setzen, $x = g x = \frac{k f'}{k + f'}$ giebt den Abstand des Bildes g m vom lare; die Strahlen, welche sonst in f gesammelt wären, men nun in g, die welche sonst in l gesammelt wären, men nun in m zusammen. Das zweite Ocular sey in z stellt, so daſs z g die Brennweite $= f''$ ist; dann sieht ein seits z t stehendes Auge den Gegenstand durch parallele Str deutlich, aber umgekehrt so wie das Bild g m es zeigt. Sehewinkel, der ohne Fernrohr $= f C l = \varphi$, war, ist = geworden, und wenn man $f'' = x$, oder $z g = g x$ nimmt ist $g z m = g x m = \frac{f}{k} \varphi$, weil $f l = f . \varphi = k . g x m$ ist, da Winkel und Tangente verwechselt werden dürfen. Die gröſserung ist also $= \frac{f}{k}$.

Die Grölse des Gesichtsfeldes wird auch hier durch den inkel $xCy = \varphi$ bestimmt, wenn yx der Halbmesser des er[illegible]n Oculars ist, und dieser Winkel würde hier durch $\frac{h'}{f-k}$ sgedrückt, wenn h' den Halbmesser des Augenglases angäbe. So, wenn hier die Vergrölserung $= \frac{f}{k} = m$ heilst, so wäre $= \frac{h'}{k(m-1)}$. Ich will dieses sogleich auf ein bestimmtes spiel anwenden. Das erste Ocular sey so aufgestellt, dafs $= \frac{1}{2}f'$ ist, so würde die Vergrölserung $= \frac{2f}{f'} = m$; f'', weles $= x$ war, würde $= \frac{1}{3}f'$. Das zweite Ocular mufs einen so ofsen Halbmesser $= h''$ haben, dafs jener Hauptstrahl Cy, der Axe in C schneiden würde, das Ocular noch treffe. Die tfernung xo wird hier $= \frac{cx \,.\, f'}{cx - f'} = \frac{(f-k)\,f'}{f-k-f'} = \frac{(f - \frac{1}{2}f')\,f'}{f - \frac{3}{2}f'}$

d folglich $zo = xo - 2f'' = xo - \frac{2}{3}f'$

$$= f'\left(\frac{2f - f'}{2f - 3f'}\right) - \frac{2}{3}f' = \frac{\left(\frac{2}{3}f + f'\right)f'}{2f - 3f'}$$

d offenbar $h'' = \frac{h' \,.\, zo}{xo} = h'\left(\frac{\frac{2}{3}f + f'}{2f - f'}\right)$.

Da nun h'' einen gewissen Theil der Brennweite nicht erschreiten darf, ohne Undeutlichkeit der Bilder zu bewirken, sey $h'' = \mu f''$; dieses richtige Maafs dann ist

$$h' = h''\left(\frac{2f - f'}{\frac{2}{3}f + f'}\right)$$

$$= \mu f''\left(\frac{2f - f'}{\frac{2}{3}f + f'}\right)$$

$$= \mu f'\left(\frac{2f - f'}{2f + 3f'}\right),$$

dafs h' noch etwas geringer wird, als es nach jenem Verältnisse wohl dürfte. Hätte man mit *einem* Ocular die Ver-

größserung $= \frac{2f}{f'}$ erreichen wollen, so hätte man dem Oc[ulare] die Brennweite $= \frac{1}{2} f'$ geben müssen, und dann wäre d[er] Halbmesser des Gesichtsfeldes $= \frac{\frac{1}{2} \mu f'}{f + \frac{1}{2} f'}$ geworden; jetzt h[in]gegen hat man bei eben der Vergrößerung den Halbmesser d[es] Gesichtsfeldes $= \frac{h'}{k(m-1)} = \frac{h'}{f - \frac{1}{2} f'}$ und da $h' = \frac{\mu f' (2f-}{2f+3}$ seyn sollte, so ist des Gesichtsfeldes Halbmesser $= \frac{2\mu f}{2f +}$ oder $= \frac{\mu f'}{f + \frac{3}{2} f'}$, welches fast genau das Doppelte dessen i[st], was wir bei dem einfachen Oculare erhielten.

13. Die *Lichtstärke* des Fernrohrs läſst sich aus folgen[den] Ueberlegungen beurtheilen. Wenn h der Halbmesser des O[b]jectivs ist, so fällt von eben dem Gegenstande, der dem bloſs[en] Auge die Lichtmenge $\pi \cdot a^2 \cdot l$ zusandte[1], auf das Objectiv die Lichtmenge $= \pi h^2 . l$, und wenn das Augenglas alle di[e] vereinigten Strahlen, nachdem sie durch den Brennpunct g[e]gangen sind, auffängt, und wenn dann der Augenstern gro[ß] genug ist, sie aufzunehmen, so ist, in Hinsicht auf den ge[sammten] Glanz, die Lichtstärke des Fernrohrs $= \pi . h^2 . l$ $= \frac{h^2}{a^2} . \pi . a^2 . l$, oder $\frac{h^2}{a^2}$ drückt dann das aus, was ich in No. 4. μ nannte.

Wenn der Gegenstand ein so höchst kleiner ist, wie ei[n] Fixstern, so hat man allein diese ganze Lichtmenge zu bestimme[n] nöthig, jedoch müſste man, wenn der Augenstern nicht de[n] ganzen Lichtkegel d a e faſste, deſshalb eine Reduction vorne[h]men, die aber, weil $vd = \frac{h . f'}{f}$ ist, nur dann nöthig wir[d], wenn $a < \frac{h f'}{f}$ ist. Wäre der Gegenstand kein Fixstern, son[-]dern gröſser, so daſs sein Bild einen erheblichen Raum a b ein-

Fig. 36.

1 Vergl. No. 4.

immt, so wäre nach den frühern Bemerkungen der mittlere
ad der Erleuchtung auf der Retina beim bloſsen Auge der
röſse $\frac{a^2 l}{\varphi^2}$ proportional; wo φ den scheinbaren Halbmesser
leutet, und jetzt würde, da das Bild auf der Retina dem ver-
ſserten Sehewinkel $= \frac{\varphi . f}{f'}$ gemäſs ist, die vergröſserte Licht-
ge $= \pi h^2 . l.$ durch $\frac{\pi . \varphi^2 f^2}{f'^2}$ zu dividiren seyn, also
$\frac{f'^2}{f^2} l$ würde der Ausdruck für die dem Auge erscheinende
ligkeit seyn; und $\frac{h^2 f'^2}{a^2 f^2}$ zu 1 würde ihr Verhältniſs zu
enigen angeben, welche für das bloſse Auge, wenn es den-
en Gegenstand betrachtete, statt fand. Diese Formel ergiebt
Beziehung auf Gegenstände von merklichem scheinbarem
chmesser die Regel, daſs die mittlere Intensität des Glanzes
ar erstlich der Gröſse der Fläche des Objectivglases direct,
n aber auch dem Quadrate der Vergröſserung umgekehrt pro-
tional ist. Auf den Lichtverlust beim Durchgange durch
le Gläser ist hier nicht gesehen; wenn man durch Versuche
Bruch kennt, der das Verhältniſs des von ihnen durchgelas-
en Lichtes gegen das auffallende angiebt, so muſs jener Aus-
ck noch damit multiplicirt werden. Wenn also z. B. das
ſse Fraunhofer'sche Fernrohr in Dorpat 9 Zoll Objectiv-
ffnung hat, und wir dem Augenstern die Gröſse $= \frac{1}{6}$ Zoll
legen[1], so wäre die absolute Lichtstärke $= 54^2$, und die
m durchdringende Kraft $= 54$; für einen Körper dagegen,
merklich vergröſsert gesehen wird, wäre bei der schwäch-
140 maligen Vergröſseruug die Helligkeit jedes Punctes
$\left(\frac{54}{140}\right)^2 = \frac{1}{7}$ ungefähr, bei der stärksten 480 maligen Ver-
ſserung $= \left(\frac{54}{480}\right)^2 = \frac{1}{80}$ ungefähr, und es erhellet also,
m man bei Gegenständen, die nicht sehr lichtvoll sind, die
rgröſserung nicht zu weit treiben darf.

14. Bei denjenigen astronomischen Fernröhren, welche

1 Nach Herschel Astr. Jahrb. 1804. S. 231.

noch keine achromatische Objective hatten, verdiente vorz[ü]
die Frage, wie groſs man die Objectiv-Oeffnung nehmen [dürfe,]
ohne ein durch die Farbenzerstreuung zu sehr undeutlich[werdendes]
dendes Bild zu erhalten, eine genauere Untersuchung. [Diese]
Frage war um so wichtiger, da, wie wir eben gesehen hab[en, die]
Lichtstärke des im Fernrohr gesehenen Bildes mit der Grö[ſse der]
Oeffnung sehr zunimmt, und man von dieser so wenig als [mög-]
lich aufzuopfern wünschte. Huygens hat vorzüglich sich [be-]
müht [1], die Regeln, wonach die Gröſse der Oeffnung,
Apertur *(apertura*, ouverture, *aperture)*, der
Durchmesser des Objectivs, bestimmt werden müsse, anzug[eben;]
hatte das Objectiv einen gröſseren Durchmesser, so muſste [die-]
ser mit einer *Blendung (annulus, aperturam lentium defini[ens])*
das ist mit einem Ringe von Holz, Blech oder Pappe, b[edeckt]
werden, um die vom Rande herkommenden, das Bild un[deut-]
lich machenden, Strahlen abzuhalten. Huygens's Regeln
ruhen auf folgenden Ueberlegungen.

Wenn man die Abweichung wegen der Kugelgestalt
unbedeutend gegen die wegen der Farbenzerstreuung, bei[seite]
setzt, so kommt hier alles auf die Betrachtung zurück, da[ſs die]
Brennweite des Objectivglases nicht dieselbe ist für die Str[ahlen]
der einen und der andern Farbe. Das Brechungsverhältni[ſs]
ist, wenn ich hier nur bei Newton's Bestimmung stehen bl[eibe,]
indem jede einzelne Glasart doch etwas anderes giebt, = [0,65]
für rothe, und 0,641 für violette Strahlen, und der Brenn[punct]
der rothen Strahlen h liegt also in der Entfernung $=\frac{0,65}{0,35}\cdot\frac{r.}{(r+}$
Fig. 32. der Brennpunct k der violetten Strahlen in der Entfern[ung]
$=\frac{0,641}{0,359}\cdot\frac{r.\varrho}{r+\varrho}$. Stellen wir also das Augenglas so, daſs
den mitten zwischen k und h liegenden Punct am deutlich[sten]
sehen, so vereinigen sich hier die auf das Objectiv AB auff[allen-]
den von einerlei Puncten ausgehenden Strahlen nicht in [ei-]
nen einzigen Punct, sondern in einen Kreis vom Halbm[esser]
$=\frac{CA.kh}{kC+hC}=\frac{h.(1,857-1,786)}{1,857+1,786}=\frac{h.(0,071)}{3,643}=h.0,019$

1 Hugenii opuscul. posth. Lugd. Bat. 1703.

an h der Halbmesser des Objectives ist. Die Zahl 0,0195,
che stets dieselbe bleibt, wenn man einerlei Glasart beibe-
, will ich $=\zeta$ setzen, so ist dieses Kreises Inhalt $=\pi.\zeta^2.h^2$.
Dieser Kreis erscheint aber desto grösser oder macht auf der
aut ein desto grösseres Bild, je näher das Auge steht, oder
es hier dasselbe ist, je kleiner die Brennweite des Augen-
s ist. Jenes kleinen Kreises Halbmesser nämlich erscheint
durch das Augenglas von der Brennweite f' sehenden Auge
einem Sehewinkel, dessen Tangente $=\frac{\zeta.h}{f'}$ ist, und der
der Netzhaut dss Auges hervorgebrachte Kreis hat also eine
rösse $\frac{\zeta^2.h^2}{f'^2}$ proportionale Grösse, und dieser Ausdruck giebt
Mass der Undeutlichkeit, welche verschwinden würde,
$\zeta=0$ wäre oder ein von Farbenzerstreuung freies Objectiv-
genommen würde. Bei gleicher Glasart ist er dem Quadrate
h direct, dem Quadrate von f' umgekehrt proportional.

Die Frage, welche Apertur man dem Fernrohre geben dürfe,
mun darauf hinaus, zu bestimmen, wie gross die Apertur
H eines andern Fernrohrs seyn dürfe, dessen Objectiv und
r die Brennweite F und F' haben, wenn die Lichtstärke
Deutlichkeit in beiden Fernröhren gleich seyn soll. Die
heit der Lichtstärke wurde durch

$$\frac{h^2.f'^2}{f^2}=\frac{H^2.F'^2}{F^2},$$

eichheit der Deutlichkeit durch

$$\frac{h^2}{f'^2}=\frac{H^2}{F'^2}$$

angegeben; soll also die Ver-
rung $\frac{F}{F'}=v.\frac{f}{f'}$ seyn, oder das zu bestimmende Fernrohr
so viel als das andere vergrössern, so muss $F'=vf'$ und
$v.h$ seyn, und $F - v^2.f$, oder $H^2:h^2=F:f$. Die
weite des Augenglases und eben so auch die Apertur sind
er Vergrösserung proportional, beide aber auch der Qua-
rzel aus der Brennweite des Objectivs. Wenn man also
lige Vergrösserung bei 1 Fuss Brennweite des Objectivs,
Zoll Apertur und 0,61 Zoll Brennweite des Augenglases
hte, so ward für 100 malige Vergrösserung eine Brenn-
des Objectivs = 25 Fuss, Apertur = 2,75 Zoll, Brenn-
des Oculars = 3,05 erfordert, und um 400 malige Ver-

grölserung bei gleicher Deutlichkeit und Lichtstärke zu erh hätte des Objectivs Brennweite 400 Fuſs seyn müssen, denn eine Oeffnung von 11 Zoll und Brennweite des O = 12 Zoll gehört hätte. Um die Vergleichung zwisch sem ungeheuern Fernrohr von 400 Fuſs Länge und dem 16 gen Fraunhofer'schen zu vollenden, müſste man nun doch die Betrachtung, daſs jenes immer noch einige Fehler wege Farbenzerstreuung behielt, hinzufügen[1].

15. Die Frage, wie man das Fernrohr für nähere G stände oder wie man es für kurzsichtige Augen stellen läſst sich hier fast eben so, wie in No. 9. beantworten.
Fig. 80. Bild eines nähern Gegenstandes liegt weiter nach v zu, a Brennpunct a des Objectivs, und das Augenglas GH muſ etwas weiter vom Objective entfernt werden, damit der B punct des Oculars mit dem Bilde zusammenfalle. Sie Kurzsichtiger durch das Fernrohr, so verlangt er die he gehenden Strahlen vo nicht unter sich parallel, sondern divergirend, er muſs daher das Ocular dem Objective etwa her bringen. Um diese Stellung des Augenglases zu erh um sie so, wie jedes Auge es fordert, zu berichtigen, haben di vergröſsernden Fernröhre eine Stellschraube, mit der man seh Aenderungen hervorbringt; denn bei kleinen Brennweite Oculars bedarf es nur unbedeutender Aenderungen, um Fernrohr jedem Auge angemessen zu machen.

16. Als eine besondere Art der astronomischen Fernröhr man die Kometensucher, oder Nachtfernrö an (*telescopia nocturna;* lunettes de nuit; *ni telescopes*, auch wohl *kits-eyes,* Katzen-Augen gen Ihre Bestimmung ist Gegenstände, die wenig Licht habe deren Ort man nicht genau kennt, aufzusuchen, z. B. am mel die Kometen, kleine Sterne oder Nebelflecke, auf de bei Nacht Gegenstände, die wenig erleuchtet sind, z. B. S oder Gegenstände am Ufer, wenn die Schiffer sich ihrer l nen. Um dieses Zweckes willen, bedürfen sie einer g Lichtstärke, um schwach leuchtende Gegenstände kenntli machen, und eines groſsen Gesichtsfeldes. Beides erhäl

---

1. Die von Huygens berechnete Tafel für Brennweite, A und Vergröſserung s. bei Smith Lehrb. d. Optik. p. 193. un von Tob. Mayer berechnete Tafel in Klügel's Dioptrik. S. 179.

nn man dem Objective bei mäſsiger Brennweite eine bedeu-de Oeffnung giebt; denn selbst ein einfaches Ocular von be-mtem Durchmesser giebt ja das Gesichtsbild desto grö∫ser, iner die Brennweite beider Gläser ist. Die Vergröſserung dann nicht so erheblich werden, aber dieses ist auch bei Gegenständen, die der Schiffer auf dem Meere wahrneh- will, gar nicht nothwendig, und beim Kometensucher man eher auf Vergröſserung als auf Lichtstärke Verzicht en. In den Formeln (No. 13.) würde z. B. bei 10 maliger gröſserung, $\frac{f}{f} = 10$, die Lichtstärke die vierfache seyn, wenn = 20 . a, der Durchmesser des Objectivs 3 Zoll wäre. Die nhofer'schen Kometensucher von 34 Linien Objectiv-Oeff- haben bei 24 Zoll Brennweite und 10 maliger Vergröſserung ichtsfeld von 6 Graden Durchmesser. Bei so sehr groſsem tsfelde bemerkt man zwar schon, daſs am Rande die Ge-nde nicht vollkommen deutlich erscheinen; aber da es nur darauf ankömmt, die Gegenstände zu bemerken, die dann, theils indem man sie in die Mitte des Gesichtsfeldes t, theils indem man ein anderes Fernrohr zu Hülfe nimmt, ner beobachten kann, so ist dieses kein wesentlicher Fehler.

Das Erdfernrohr.

17. Da es uns bei Gegenständen auf der Erde unangenehm störend ist, wenn sie in umgekehrter Stellung erscheinen, der Zweck des Erdfernrohrs, (*telescopium terrestre*) die ßert erscheinenden Gegenstände zugleich in aufrechter ng zu zeigen.

Ehe ich die von de Rheita angegebene, zu diesem Zwecke ebrauch gekommene, Einrichtung beschreibe[1], will ich die e beantworten, warum die einfacher scheinende Einrich-, wo das Fernrohr nur aus drei Gläsern besteht, nicht so mäſsig ist.

Käme es allein darauf an, die umgekehrte Erscheinung des s in eine aufrechte zu verwandeln, so könnte man dieses zwei im Ocular-Einsatze (*tubus ocularis*;

1 Einige andere Vorschläge, die minder brauchbar sind, erwähnt cla II. 236.

Aus dem Vorigen ist klar, dafs $aCb = \varphi$ der Sehewi ist, unter welchem der Gegenstand, dessen Bild ab dar dem blofsen Auge in C, also auch, da des Gegenstandes En nung so sehr grofs ist, in O erscheint. Es ist aber $ab =$ und offenbar $aVb = \frac{f.\varphi}{f'} = \alpha W \beta$, also $\alpha\beta = \frac{f''.f\varphi}{f'}$,

endlich $\alpha x \beta = \frac{f''}{f'''} \cdot \frac{f}{f'} \cdot \varphi$, wenn f, f', f'', f''' die Bren der auf einander folgenden Gläser sind. Die *Vergröfser* also $= \frac{f.f''}{f'.f'''}$, die Länge des Fernrohrs $= f + f' + VW + f''$ wo VW willkürlich ist.

19. Um die Grösse des *Gesichtsfeldes* zu bestimmen, sen wir wieder die Strahlen verfolgen, welche durch die des Objectivs gehend den Rand des ersten Oculars treffen. Beispiel sey, wie Smith es fordert[1], $VW = f' + f''$ und das $f' = f''$, so schneiden die sämmtlichen durch den gehenden Strahlen die Axe in P da, wo $VP = \frac{(f+f')f'}{f} = f$ ist. War nun $VH = h'$, so muss des zweiten Oculars Hal ser $WI = h''$ so gross seyn, dass der letzte durch H ge Strahl auch dieses Ocular noch trifft, also $h'' = \frac{h'.WP}{VP}$

$$= \frac{h'(f-f')}{(f+f')}$$

Die Strahlen, welche von P ausgehend das zweite O treffen, kommen wieder in p' in der Axe zusammen, und $Wp' = \frac{WP.f''}{WP - f''} = f - f'$. Da nun Z nicht so weit hin liegt, dafs p' diesseits Z fallen könnte, so findet man den Ha messer $ZM = h'''$ des letzten Augenglases, indem man

$$h''' : h'' = Zp' : Wp', \text{ oder}$$

$$h''' = h''.\frac{f - 2f'' - f'''}{f - f'} \text{ setzt.}$$

Hat also das letzte Ocular einen angemessenen Halbm $= h''' = \mu f'''$, der nämlich so gross ist, als die Deutlichke verstattet, so wird

---

1 Lehrbegriff. S. [illegible]

mmen, dafs $EP = 3f'' - \frac{(f+2f'')}{f+f''} f''$ sey, so läfst sich t bestimmen, in welcher Entfernung vom Centro des Glas die äufsersten Strahlen vorbeigehen, indem diese $' = \frac{h'.EP}{CP}$ wird. Um deutliche Bilder zu geben, darf h'' nicht gröfser als höchstens $\frac{1}{4}f''$ nehmen, wenn also $f = 20f''$, die Vergröfserung 20 malig seyn soll, so würde

$$h' = \frac{h''.CP}{EP}$$
$$= \frac{1}{4}f''\left(\frac{f+2f''}{2f+f''}\right)$$
$$= \frac{1}{4}.\frac{22}{41}.f''$$
$$= \frac{11}{82}f'',$$

und des Gesichtsfeldes Halbmesser $\frac{11}{82}.\frac{1}{22} = 0{,}006 = 20\frac{1}{2}'$, statt dafs ein astronomisches ohr dessen Ocular den Halbmesser $= \frac{1}{4}f''$ hätte, bei 20 er Vergröfserung der Werth des $\varphi = \frac{1}{4}.\frac{1}{21} = 41'$ gegehätte. Diese Verkleinerung des Gesichtsfeldes ist einer der de, warum diese Einrichtung nicht brauchbar ist, ein andegt in der Farbenzerstreuung der Oculare, die ich in der erst erwähnen werde.

18. In beiden Hinsichten hat das von de Rheita angegeund noch immer als bequem anerkannte, Erdfernrohr mit rem einen Vorzug. Dieses ist als eine Zusammensetzung er astronomischer Fernröhre anzusehen, indem die vom ctive ED aufgefangenen Strahlen in ab ein Bild hervor- Fig. 84. gen, dann in dem Glase GH, welches in a seinen Brennt hat, so gebrochen werden, dafs die von jedem einzelnen te des Gegenstandes kommenden Strahlen parallel ausfahrend Glas IK treffen, in $\alpha\beta$ ein neues, offenbar aufrechtes Bild egenstendes darstellen und endlich durch LM gebrochen rallele Strahlen zum Auge O gelangen, wenn α beider GläK und LM Brennpunct ist. Dafs das Auge in O den Getand aufrecht sieht, dafs ein fernsichtiges Auge ihn auch ch sieht, erhellet leicht; die übrigen Umstände will ich näher betrachten.

schen W und Z liegen kann, so ist

$$h'' = \frac{h'''.Wp'}{Zp'} = \frac{h'''(g.ff' - f.f'^2 - f'^3}{ff'^2 - gff''' + 2ff'f''' - f'^2f'''}$$

Soll also hier $h''' = \mu f'''$ und $h'' = \mu f'$ seyn, so würde g der Gleichung $f'(f.f'^2 - gff''' + 2ff'f''' - f'^2f''')$ $f'''(gff' - f.f'^2 - f'^3)$ bestimmt, also $g = \frac{f'^2}{2f'''} + \frac{3}{2}$

daraus aber folgt $WP = \frac{1}{2}f' - \frac{f'^2}{f} + \frac{f'^2}{2f'''}$, und

$$h' = \frac{h''.VP}{WP} = \frac{\mu f'.f'f'''(f+f')}{\frac{1}{2}ff'f''' - f'^2f''' + \frac{1}{2}f'^2f}.$$

Es läfst sich leicht übersehen, dafs hier h' leicht kl als $\mu f'$ zu erhalten ist, wenn man $f''' < f'$ nimmt. Es z. B. wie Klügel aus andern Gründen annimmt[1],

$$f''' = \frac{2}{5}f',$$

$$\text{also } g = \frac{11}{4}f'$$

$$WP = \frac{7}{4}f' - \frac{f'^2}{f};$$

$h' = \mu.f'.\frac{2}{5}\frac{(f+f')}{\frac{7}{10}f - f'}$, welches z. B. für $f = 20f'$

$h' = \mu.f'.\frac{2}{5}.\frac{21}{18} = \frac{42}{65}\mu f'$ giebt.

Hier würde $\varphi = \frac{42.\mu}{65.21}$, den Halbmesser des Gesichtsfel angeben, weil $f + f' = 21f'$ ist, und eben dieser Halbm ser des Gesichtsfeldes wäre $= \frac{\mu f'''}{f + f'''} = \mu\frac{2}{102} = \frac{1}{51}\mu$ gewor wenn man aus den beiden Gläsern, deren Brennweite $= 2$ und $= \frac{2}{5}f'$ sind, ein astronomisches Fernrohr zusammen setzt hätte. Ein Vortheil, der in Hinsicht auf den farbi Rand erreicht wird, soll in der Folge erwähnt werden.

21. Man kann auch dem Erdfernrohre vier Oculare ben, und da dieses eine sehr gewöhnliche Einrichtung ist will ich wenigstens Einiges von den Anordnungen der C lare, die hier möglich sind, angeben. Das erste Ocular i

1 Dioptrik §. 470. 471. wo er Euler's Regeln folgt.

zwischen dem Objective und dem vom Objective hervorgebrachten Bilde[1], dann bringen die beiden ersten Oculare zusammen eben die Wirkung, wie in dem astronomischen Fernrohre mit zwei Ocularen, hervor, und wenn das durch das erste Ocular dargestellte wirkliche Bild genau in den Brennpunct des zweiten Oculars fällt, so gehen dann die Lichtstrahlen parallel vom zweiten zum dritten Oculare über, vereinigen sich im Brennpuncte des dritten Oculars, der mit dem des vierten zusammenfällt, und kommen durch das vierte parallel in das Auge. Aber nicht immer ist die Anordnung so, dafs die Strahlen aus dem zweiten Oculare parallel hervorgehen, sondern sie könnten auch nach einem ziemlich entfernten Puncte convergirend seyn; dann würde diese Convergenz durch das dritte Glas stark vermehrt und ein Bild dargestellt, welches sich allemal im Brennpuncte des vierten Glases befinden mufs. Ob das eine oder das andere in einem gegebenen Fernrohre stattfindet, kann man leicht so untersuchen. Man nehme den Ocular-Einsatz heraus, und lasse darin nur das dritte und vierte Ocular an ihren richtigen Stellen; durch diese sehe man nach einem entfernten Gegenstande und gebe Achtung, ob man ihn deutlich (wenn auch nicht vergröfsert) erkennt; ist das der Fall, so stehen diese beiden Oculare so, wie es parallelen auf das dritte Ocular fallenden Strahlen angemessen ist. Sieht man aber die Gegenstände nicht deutlich, sondern mufs man das eine Ocular herausnehmen und entfernter von dem andern halten, so waren die auf das dritte Ocular auffallenden Strahlen im Fernrohr convergirend. Wäre z. B. des Objectivs Brennweite 19 Zoll und befände sich das erste Ocular von $1\frac{3}{8}$ Zoll Brennweite nur 18 Zoll von jenem entfernt, so läge das erste wirklich entstehende Bild um den

$$\text{Abstand} = \frac{1\frac{3}{8} \cdot 1}{1\frac{3}{8} + 1} = \frac{11}{19} \text{ Zolle hinter dem ersten Oculare,}$$

wofür will ich 7 Linien setzen. Das zweite Ocular stehe um
Linien von dem ersten ab, und seine Brennweite sey 18 Linien, so würde dieses zweite Ocular ein neues Bild

1 Dieselbe Anordnung findet sich in Fig. 31. dargestellt.

in der Entfernung $= \frac{14 \cdot 18}{18-14} = 63$ Linien bilden, wenn ni
35 Linien hinter dem zweiten Ocular sich das dritte befän
Des eben bestimmten Bildes Abstand vom dritten würde
28 Linien betragen, und wenn dieses 23 Linien Brennw
hat, so kommt das Bild auf $\frac{28 \cdot 23}{28+23} = 12\frac{3}{5}$ Linien zurück,
wenn das letzte Ocular die Brennweite $= 12$ hätte, so wü
die Vergröſserung 21fach seyn.

Das achromatische Fernrohr.

22. Obgleich die vollständige Beantwortung der Frage,
ein Linsenglas zusammengesetzt seyn muſs, um ganz farb
zu seyn, in dem Artikel: *Linsenglas*, abgehandelt w
wird: so muſs ich doch hier die Hauptbetrachtungen, wo
jene Untersuchung ankommt, erwähnen.

Fig. 35. Wenn auf ein convexes Glas C parallele Strahlen fallen,
würden diese in A ein völlig bestimmtes, in einen ein
Punct vereinigtes Bild eines vor dem Glase liegenden leuch
den Punctes darstellen, wenn alle Farbenstrahlen einerlei
chung erlitten. Durch das hinter jenem angebrachte hohle
D, das hier von anderer Glasart ist, wird der Vereinigungsp
weiter entfernt und B würde der Ort des Bildes seyn. Da
aber hier auf die verschiedene Brechbarkeit der Lichtstrahl
sehen haben: so werden wir sagen müssen, in A wür
violette, in a das rothe Bild durch das Convexglas herv
bracht, und beide werden nach B, b, durch das zwischenge
Concavglas hinausgerückt. Hier entsteht nun die Frage,
nicht die ungleiche Farbenzerstreuung der Gläser so seyn kön
daſs B und b in einen Punct zusammen fielen. Da B bei g
cher Gestalt des Concavglases desto weiter von A entfernt liegt
stärker die violetten Strahlen im zweiten Glase gebrochen w
den, und da b desto näher an a rückt, je weniger in demse
die rothen Strahlen gebrochen werden: so muſs das zw
hohle Glas die stärkere Farbenzerstreuung haben. Es sey
die rothen, ν für die violetten Strahlen im ersten Glase, u
für die rothen, ν' für die violetten Strahlen im zweiten Glase
Brechungsverhältniſs: so würden

$$f = \frac{r \cdot \varrho}{(\mu - 1)(r +} \quad \text{und} \quad F = \frac{r \cdot \varrho}{(\nu - 1)(r + \varrho)}$$

rennweiten des convexen Glases für die rothen und violet-
trahlen seyn. Jene fallen, wie wir beide Gläser als um
ntfernung $= g$ von einander entfernt annehmen, so auf das
avglas, dafs ihr Sammelpunct um $f - g$ hinter dem Glase
also in No. 5. $b = -(f-g)$ ist; setze ich zugleich r' und
Radien der Kugelflächen negativ bei dem Concavglase, so
die Vereinigungsweite

$$\frac{-(f-g)\,r'\varrho'}{(\mu'-1)\,(f-g)(r'+\varrho')-r'\varrho'}$$ für die rothen Strahlen, und

lie violetten Strahlen

$$\frac{-(F-g)\,r'.\varrho'}{(\mu'-1)\,(F-g)\,(r'+\varrho')-r'\varrho'}.$$ Diese Entfernungen müs-

gleich seyn. Da aber μ und ν wenig verschieden sind, so
ich $\nu = \mu + d\mu$; $F = f + df$ setzen und erhalte demnach

$$df = \frac{r.\varrho}{r+\varrho}\left(\frac{1}{\mu-1} - \frac{d\mu}{(\mu-1)^2}\right),$$ und wenn ich statt

$$\frac{-(F-g)\,r'\varrho'}{(\mu'-1)\,(F-g)\,(r'+\varrho')-r'\varrho'},$$ setze

$$\frac{-(f-g+df)\,(r'\varrho')}{(\mu'-1+d\mu')\,(f-g+df)\,(r'+\varrho')-r'\varrho'},$$ so wird dieses

$$\text{ür} = \frac{-(f-g)\,r'\varrho'}{(\mu'-1)(f-g)(r'+\varrho')-r'\varrho'}$$
$$+ \frac{df.r'^2\varrho'^2 + d\mu'\,(f-g)^2\,r'\varrho'\,(r'+\varrho')}{\{(\mu'-1)\,(f-g)(r'+\varrho')-r'\varrho'\}^2}.$$

mufs das letzte Glied verschwinden, also vermöge des
hes von df, $\frac{d\mu.\,rr'^2.\,\varrho\varrho'^2}{(r+\varrho)(\mu-1)^2} = d\mu'\,(f-g)^2\,r'\,\varrho'\,(r'+\varrho')$

Wäre g gegen f so klein, dafs man es weglassen könnte,
ürde vermöge des Werthes von f

$$\frac{d\mu\,(r+\varrho)}{r\varrho} = \frac{d\mu'\,(r'+\varrho')}{r'\varrho'}$$

oder $$\frac{d\mu}{(\mu-1)f} = \frac{d\mu'}{(\mu'-1)\,f'},$$

f′ die Entfernung des imaginären Brennpuncts für das
glas ist.

Hieraus könnte also, bei gegebenem Brechungsverhältnisse
ie rothen und violetten Strahlen, die Brennweite f′ des ei-
Glases so bestimmt werden, dafs zwei verschiedenfarbige
len sich genau in einem Puncte vereinigten. Es sey z. B.

für Kronglas $\mu = 1{,}527$, $d\mu = 0{,}0105$; für Flint
$\mu' = 1{,}631$, $d\mu' = 0{,}0213$, so würde für $f = 60$ Zoll, $f' = 1$
Die Brennweite der aus beiden Gläsern zusammengesetzten
würde $= \frac{+60 \,.\, 101}{51} = 119$ Zoll. Man müfste also dem
vexglase eine nur etwa halb so grofse Brennweite geben, a
zusammengesetzte Glas haben soll.

Diese Bestimmung wird nun zwar wesentlich anders,
man auf den Abstand der beiden Gläser von einander Rü
nimmt; aber auch dann, vorzüglich wenn man die Abwei
wegen der Gestalt gröfstentheils zu heben sucht, tritt die
nehmlichkeit ein, dafs man den sphärischen Oberflächen
nere Halbmesser geben mufs, als es in Beziehung auf eine
lichst grofs zu erhaltende Oeffnung wünschenswerth wäre.
dies zu vermeiden, hat man es als vortheilhafter ange
das Objectiv aus drei Linsen zusammen zu setzen, nämlich
convexen und einer concaven, wo dann die beiden Co
gläser eine gröfsere Brennweite erhalten, als die Entfernu
Zerstreuungspunctes der Concavlinse ist.

Indefs sind auch die Rücksichten, die man auf die Ve
gung der ungleich farbigen Strahlen zu nehmen hat, sch
sich nicht so einfach, als ich sie hier dargestellt habe.
man die äufsersten Farbenstrahlen, die rothen und violetten,
aufs beste vereinigt, so sind dadurch nicht auch die mi
Strahlen genau in demselben Puncte vereinigt. Hätte ma
vorigen Beispiele die rothen Strahlen mit den grünen, fü
che $d\mu = 0{,}0065$, $d\mu' = 0{,}0128$ ist, genau vereinigen w
so würde zu $f = 60$, $f' = 99$ gehören, und ein Concavgla
101 Zoll Zerstreuungsweite würde die mittlern Strahlen k
wegs genau mit den rothen und violetten vereinigen.

23. Da ich die weitere Ausführung dieses Gegenst
dem Artikel *Linsengläser, achromatische*, vorbehalte, so
ich hier nur noch kurz einige Hauptrücksichten, die ma
der Brechung genommen hat, und einige Vorschläge üb
anzuwendenden Körper anführen. Ein gutes zusammeng
tes Objectiv soll so beschaffen seyn, dafs zugleich die *Abwei*
wegen der Kugelgestalt und wegen der *Farbenzerstr*
möglichst gehoben werde. Dieses zu erreichen, hat man
schiedene Anordnungen vorgeschlagen, unter denen die
Klügel: dafs man die Krümmungen der Gläser möglichst

hmen solle, lange Zeit vorzüglich beachtet worden ist. er Klügel selbst fand später, daſs das von ihm vorgeschla- ne Objectiv noch sehr erhebliche Abweichungen für die Strah- n gebe, die nicht nahe bei der Axe einfallen. Er änderte her seine Vorschläge dahin ab, daſs man die Halbmesser der iden Oberflächen der vorderen, convexen Linse so wählen lle, daſs die Brechung an beiden ziemlich gleich sey, indem durch die Winkelabweichungen der Randstrahlen auf beiden iten zusammen genommen, ein Kleinstes werden. Die Ab- ichung der Randstrahlen bei der ersten Linse müsse dann bei r dritten Brechung völlig gehoben werden, und die vierte che müsse so gewählt werden, daſs sie die Zerstreuung r ungleich farbigen Strahlen aufhebe, und man erhalte so Be- mmungen für alle vier Radien[1].

Zu diesen Vorschlägen haben Bohnenberger und Gauss ige wichtige Bemerkungen hinzugefügt. Gauss bemerkt ulich, daſs Klügel's Gründe für die Wahl der beiden ersten lbmesser vorzüglich auf den Zweck, die Abweichung wegen r Gestalt zu heben, hinausgehen; aber es erhelle nicht ganz, s dieses auf die angegebene Weise am besten geschehe, und scheine auch ungewiſs, ob nicht die übrigen Unvollkommen- iten noch wichtiger wären. Er billigt daher Bohnenberger's rschlag, die uns frei gelassene Wahl der beiden Halbmesser s ersten Glases zur Wegschaffung der Farbenzerstreuung bei n Randstrahlen zu benutzen, und empfiehlt dieses um so mehr, Bohnenberger's Rechnung zeige, daſs die Abweichung we- n der Gestalt darum doch nicht erheblich zunehme. Aber auss bemerkt, daſs sich noch mehr erhalten lasse, es sey näm- h möglich, alle Strahlen von zwei bestimmten Farben, sowohl s nahe bei der Axe, als die in einer bestimmten Entfernung n der Axe auffallenden mit ihr parallelen Strahlen in einen nzigen Punct zu vereinigen; dann aber müssen beide Linsen nvex-concav werden und die convexe Seite dem Gegenstande kehren; dabei kommen zwar gröſsere Brechungen vor, aber Vereinigung aller mit der Axe parallel einfallenden Strahlen d vollkommener, als bei irgend einer andern Einrichtung[2].

1 Gilb. XXXIV. 265.

2 Astron. Zeitschrift von v. Lindenau und v. Bohnenberger. 385. IV. 345. Gilb. LIX. 188.

gröfserung könnte für Taschenfernröhre und Nachtfernröh reichen, indefs wäre noch zu untersuchen, ob die so z mengesetzte Ocularlinse nicht einen grofsen Lichtverlust wie es freilich die aus zweierlei Glasarten zusammeng Objectivlinse auch thut[1].

26. Eine andere wichtige Frage, deren Beantwortung wendig hierher gehört, ist die, ob man mit Hülfe me Oculare etwas thun könne, um die Farbenränder aufzul die durch die Oculare selbst hervorgebracht werden.

Wenn gleich das Objectiv achromatisch ist und al *einem* Puncte ausgehende Lichtstrahlen, auch ganz ge *einem* Puncte des Bildes vereinigt werden, so kann doch Bild in Beziehung auf ein einfaches Ocular nicht zugle dem den rothen und in dem den violetten Strahlen entspr den Brennpuncte des Oculars liegen, und wenn es da lieg der Brennpunct der mittlern Strahlen sich befindet, so geb äufsersten ein gefärbtes Nebenbild. Sehen wir hier zuer einen Punct in der Axe, so kann bei diesem wohl einig deutlichkeit, aber keine Färbung statt finden; denn inde gelben und grünen Strahlen das Auge parallel treffen rothen ein wenig divergirend, die violetten ein wenig co girend auf das Auge fallen, so bringen diese letzteren zwa Undeutlichkeit hervor, indem sie, ziemlich so wie oben Figur 32. erläutert ist, einen Kreis auf der Retina darst aber da dieser Kreis von zerstreuten rothen Strahlen eb gut, als von zerstreuten violetten Strahlen getroffen wir giebt er uns keine vorherschende Empfindung einer Farbe. ders verhält es sich mit den Strahlen, welche von Puncten der Axe zum Auge gelangen.

Fig. 36. Wir betrachten auch hier nur die durch die Mitte des jectivs gehenden Hauptstrahlen, unter denen pC von eine gen die Grenze des Gesichtsfeldes liegenden Puncte herko mag. Das Bild dieses Punctes liegt in f, aber unter de ihm auf das Ocular gelangenden Strahlen wird nur EO Strahl, dessen Brechung die mittlere ist, das Auge O errei die blauen und violetten Strahlen gehen nach Eo fort, un Auge sieht etwas weiter von der Axe entfernt in der Ric Oe parallel mit oE ein blaues Nebenbild. Hier ist oft

1 Brewster on new philos. Instruments p. 420. Gilb. L. !

als Differential des Winkels ROE anzusehen, und da
$= \frac{g f'}{g - f'}$ war, wenn CR = g den Abstand beider Gläser
inander bezeichnet, und f′ des Oculars Brennweite, so ist
$= \varphi \left(\frac{g}{f'} - 1\right)$, wenn φ den Winkel SCp = FCf be-
t. Hier ist φ unveränderlich und auch g ist es, wenn man
tellung der Gläser nicht als abhängig von der Brennweite
culars ansieht; also $EOe = \frac{-g\varphi df'}{f'^2}$. und da gφ gleich
Halbmesser = h′ des Oculars für die am Rande des Ocu-
durchgehenden Strahlen ist, so kann man auch
$ROE = \frac{h'}{f'} - \varphi$ und $EOe = d.\frac{h'}{f'}$ setzen.

Beim astronomischen Fernrohre mit *einem* Oculare ist
f + f′, der Summe der Brennweiten beider Gläser gleich,
$ROE = \frac{f\varphi}{f'}$ und $EOe = -\frac{f\varphi df'}{f'^2} = \frac{f\varphi}{f'} \cdot \frac{d\mu'}{(\mu' - 1)}$,
$f' = \frac{r'\varrho'}{r' + \varrho'} \left(\frac{1}{\mu' - 1}\right)$ ist, die Abweichung ist also
bstande des gesehenen Punctes vom Mittelpuncte des Fel-
portional, und man kann deshalb es nöthig finden, das
sfeld zu beschränken, damit jene Abweichung nicht für die
de liegenden Gegenstände zu erheblich werde.
n zu übersehen, woher der Lichtstrahl eO zum Auge
, muſs man überlegen, daſs nur die mittleren Strahlen
allel unter sich zum Auge gelangen, daſs dagegen die
n, weil F weiter als der Brennpunct der violetten Strah-
n R entfernt liegt, ein Bild Hh darstellen würden; gegen
nct h also convergiren diese Strahlen und p′cfe ist der
esjenigen Lichtstrahls, der in eO zum Auge kommt. Der
nde Punct, dessen Bild f ist, erscheint also vermöge sei-
ittlern Strahlen dem Auge nach OE, vermöge seiner
Strahlen nach Oe, und zeigt sich also mit blauem Rande
er äuſsern Seite des Gesichtsfeldes verlängert. Wäre es
zelner leuchtender Punct, so würde er auch nach der in-
ite des Gesichtsfeldes ein rothes Nebenbild zeigen;
aber der helle Gegenstand, etwa wie der Mond, den
mittlern Theil des Feldes ein, so hat er rund um sich
blauen Rand, der desto merklicher ist, je näher die

Grenze des leuchtenden Gegenstandes der Grenze des Gesi feldes liegt.

27. Dieser blaue Rand kann durch ein zweites Ocular verschlimmert, aber bei richtiger Stellung desselben auch bessert werden. Es ist nämlich einleuchtend, dafs wen zweites Augenglas die Vergröfserung vermehrt, es auch d Winkel E O e in eben dem Verhältnisse vergröfsern würde, E O, e O gleichartige Strahlen wären, dafs aber nun ent noch eine Vermehrung hinzukommen oder eine Vermind statt finden kann, wegen der ungleichen Brechung, welc verschiedenartigen Strahlen im zweiten Oculare leiden. diese Abweichung richtig zu beurtheilen, dient folgend trachtung. Der Lichtstrahl E O falle auf das zweite Ocul und schneide wieder die Axe in O′, wo also nun das Aug nen Platz einnehmen müfste, um alle durch die Mitte de jectivs gehenden Strahlen zu erhalten. War hier R C E

$C R = g$, $R E = h' = g \cdot \varphi$, so ist $R O E = \frac{g \varphi}{O R}$, od

$R O E = \frac{\varphi (g - f')}{f'}$, und wenn $R G = K$ ist, $G g = h'' = O G$

oder $h'' = \left(K - \frac{g f'}{g - f'}\right); \frac{\varphi}{f'} (g - f') = \frac{K \varphi (g - f')}{f'} -$

und $g O' G = \frac{\varphi (g - f')}{f' f''} \left(K - f'' - \frac{g f'}{g - f}\right)$,

welches $= \frac{h''}{f''} - \frac{h'}{f'} + \varphi$ ist.

Offenbar wird hier die Abweichung für einen geg Werth von φ durch $d . \frac{h''}{f''} - d . \frac{h'}{f'}$ bestimmt, aber h'' dann so genommen werden, wie es der am Rande des Oculars durchgehende Strahl fordert, und es ist nun off dafs da wo $d . \frac{h''}{f''} - d . \frac{h'}{f'} = 0$ wäre, sich die hier b tete farbige Erscheinung ganz aufheben würde.

Um diese Formel zu entwickeln, müssen wir sie h Hauptgröfsen, die bei den Gläsern vorkommen, in Verb zu setzen suchen; ich nenne also $g = f + l$, wo dann f d jectivs Brennweite, l der Abstand des Bildes vor dem z Glase ist, k dagegen wird $l' + f''$, wenn l' des nächsten

[Ab]stand hinter dem zweiten Glase bezeichnet; denn dieses Bil[de]s Abstand vom dritten Glase muſs der Brennweite des letztern [gl]eich seyn. Dann ist $h' = \varphi\,(f+l)$, und h'' wird daraus ge[fun]den, daſs der Vereinigungspunct der durch die Mitte des [Obj]ectivs gehenden Strahlen, und die Entfernung $= \frac{(f+l)\,f'}{f+l-f'}$ [hin]ter dem zweiten und um $f'' + l' - \frac{(f+l)\,f'}{f+l-f'}$ vor dem [dri]tten Glase liegt, die letztere aber ist wegen $l' = \frac{l\,f'}{l-f'}$, [gl]eich $= f'' + \frac{f\,f'^2}{(l-f')\,(f+l-f')}$. Da nämlich h' und h'' als [rec]htwinkliche Katheten zweien gleichen Winkeln gegenüber[ste]hen, in Triangeln, deren andere Katheten die eben erwähnte [Grö]ſse haben, so ist $\frac{h'\,(f+l-f')}{f'\,(f+l)} = \frac{h''}{f'' + \frac{f.f'^2}{(l-f')\,(f+l-f')}}$,

[od]er $h'' = \left(\frac{h'}{f'} - \frac{h'}{f+l}\right)\left(f'' + \frac{f.f'^2}{(l-f')\,(f+l-f')}\right)$

[od]er $h'' = \frac{h'\,f''}{f'} - \varphi\,.\,f'' + \frac{\varphi\,.\,f\,f'}{l-f'}$, welches auch durch $= \frac{h'\,f''}{f'} - \varphi\,f'' + \frac{\varphi\,f\,l'}{l}$, ausgedrückt werden kann. Nach [de]m Vorigen soll nun, damit der farbige Rand verschwinde,

$$d.\frac{h''}{f''} = d.\frac{h'}{f'} \text{ seyn,}$$

[un]d es ist $d.\frac{h''}{f''} = d.\left\{\frac{h'}{f'} - \varphi + \frac{\varphi\,f\,l'}{l\,f''}\right\}$.

[Hi]er ist nun zwar bisher immer angenommen, daſs das letzte [Bi]ld in dem Brennpuncte des dritten Glases liege, aber da l' ei[ne]n andern Werth hat für die violetten als für die mittlern Strah[len], so kann jene Voraussetzung nicht für alle Strahlen zugleich [Sta]tt finden, und ich werde daher l'' statt f'' schreiben.

Die weitere Rechnung führe ich nach Klügel's Anlei[tun]g[1], obgleich das einfache Resultat billig auf einem einfachern [W]ege, den ich jedoch nicht auffinden kann, sollte gefunden [we]rden. Um den Werth $d.\frac{h''}{f''} - d.\frac{h'}{f'}$ = der Abweichung,

1 Dioptrik §. 166.

richtig zu entwickeln, muſs man sich zuerst erinnern, d
$h' = \varphi (f + l)$ ist, wo l negativ würde, wenn das zweite G
schon vor dem Bilde stände; den Werth von h'' habe ich sch
angegeben. Wenn man in dieser Formel auch f als veränd
lich ansieht und bedenkt, daſs l sich um eben so viel verm
dert, als f sich vergröſsert, oder $df = -dl$, und eben
$dl'' = -dl'$ ist, so erhält man

$$dh'' = l'.d.\frac{h'}{f'} + dl' \left\{\varphi - \frac{h'}{f'} + \frac{\varphi f}{l}\right\} + df \left\{\frac{f+l}{l^2}\right\} \varphi l';$$

Hier ist das Glied, welches df enthält,

$$= \frac{h'.l'}{l^2} df = -\frac{h'l'.dl}{l^2} \text{ oder}$$

$$= -h'l' \left\{\frac{df'}{f'^2} - \frac{dl'}{l'^2}\right\},$$

weil $\frac{1}{l} = \frac{1}{f'} - \frac{1}{l'}$ ist. Eben so ist der in dl' multipli

Theil $= \varphi\left(\frac{f+l}{l}\right) - \frac{h'}{f'} = h''\left(\frac{1}{l} - \frac{1}{f'}\right)$, also endlich

$$dh'' = l'.d.\frac{h'}{f'} - \frac{h'}{f'}.\frac{l'df}{f} + \frac{h'dl'}{l'} + \frac{h'dl'}{l} - \frac{h}{f'} dl';$$

hier ist aber das in dl' Multiplicirte selbst $= 0$ und

$$dh'' = l''.d.\frac{h'}{f'} - \frac{h'l'df'}{f'^2}.$$

Die gesammte Abweichung $= d.\frac{h''}{f''} - d.\frac{h'}{f'}$, läſst
nun ausdrücken, und das um so leichter, da für die mitt
Strahlen, also nach vollendeter Differentiirung überall, $l'' =$
gesetzt werden darf, wonach $\frac{f''dh'' - h''df''}{f''^2} - d.\frac{h'}{f'}$ üb
geht in $d.\frac{h'}{f'} - d.\frac{h'}{f'} - \frac{h''}{f''}.\frac{df''}{f''} - \frac{h'}{f'}.\frac{l'}{f''}.\frac{df'}{f'}$, oder
No. 25. in $\frac{h''}{f''}\left(\frac{d\mu''}{\mu''-1}\right) + \frac{h'}{f'}.\frac{l'}{f''}.\left(\frac{d\mu'}{\mu'-1}\right)$.

Dieses einfache Resultat ist nun genau das schon aus
ſser Ueberlegung hergeleitete. Die Abweichung der brech
sten Strahlen betrug im ersten Ocular $\frac{h'}{f'}\left(\frac{d\mu'}{\mu'-1}\right)$ und
kommt hier in dem Verhältniſs $\frac{l'}{f''}$ vergröſsert vor, weil

...l des Bildes, der durch das erste Glas unter einem gewis... Sehewinkel erschien, durch das zweite in eben dem Ver... ...ifs vergröſsert erscheint; aber nun kommt noch, additiv ... subtractiv, die Abweichung im zweiten Ocular hinzu, und ... eine oder andere der Fall sey, richtet sich darnach, ob ... Punct, wo die Hauptstrahlen sich durchkreuzen, zwischen ...n Ocularen oder jenseits liegt.

Ein Beispiel zu diesen Untersuchungen giebt das in No. 12. ...chtete astronomische Fernrohr mit zwei Ocularen. Dort ... $l' = f''$, und da wir beide Oculare als aus einerlei Glasart ...cht, annehmen können, so ist $\frac{d\mu''}{\mu''-1} = \frac{d\mu'}{\mu'-1}$. Da ZO negativ war, so liegt O nicht zwischen beiden Ocularen, ...ern jenseits und $\frac{h''}{f''} - \frac{h'}{f'} \cdot \frac{l'}{f''}$ könnte freilich für $l' = f''$ ... ganz $= 0$ werden, aber in den dort berechneten Angaben ... $\frac{h''}{f''} = \frac{h'}{f'}\left(\frac{2f + 3f'}{2f - f'}\right)$ so wenig von $\frac{h'}{f'}$ verschieden, daſs ...blaue Rand fast völlig aufgeboben wird. Hier erhellet nun ..., warum bei dem in No. 17. beschriebenen Fernrohre mit ... wirklichen Bildern das Aufheben des blauen Randes nicht ... findet.

28. Wie die Abweichung bei drei Ocularen bestimmt wird, ... ich nicht mit gleicher Umständlichkeit aufsuchen. Es er...t, daſs die für zwei Gläser gefundene, in Verhältniſs der ... dritten Glase zugehörenden Vergröſserung vermehrt wird, ... dann die Abweichung, welche dem dritten Glase allein an...t, hinzukommt. Die gesammte Abweichung bei drei Glä... ist demnach, wenn l''' der Abstand des vom zweiten Ocu...ervorgebrachten Bildes von diesem Glase und f''' eben des...es Abstand vom dritten Oculare bezeichnet,

$$\frac{h'}{f'} \cdot \frac{l'}{f''} \cdot \frac{l'''}{f'''}\left(\frac{d\mu'}{\mu'-1}\right) + \frac{h''}{f''} \cdot \frac{l'''}{f'''}\left(\frac{d\mu''}{\mu''-1}\right) + \frac{h'''}{f'''}\left(\frac{d\mu'''}{\mu'''-1}\right),$$

... die Brüche $\frac{d\mu}{\mu-1}$ können für gleich angesehen werden, ...n man sich zu allen Ocularen derselben Glasart bedient.

Um zu prüfen, wiefern die Aufhebung der blauen Rän... bei denjenigen Abmessungen des gewöhnlichen Erdfernrohrs ... findet, die ich in No. 19. angegeben habe, müſste man,

wenn alle Oculare aus einerlei Glasart sind, die Abweic
für ein astronomisches Fernrohr, dessen Ocular aus ebe
Glasart ist, berechnen, und diese Abweichung $= \frac{f\varphi}{f'} \left(\frac{d\mu}{\mu -} \right.$
als Vergleichungsmaſs für die übrigen Anordnungen der
gebrauchen. Bei dem in No. 19. betrachteten Erdfern
fällt das Bild, das hinter dem ersten Ocular entstehen soll
Unendliche hinaus, und l' ist daher, so wie $l'' = \infty$ ab
Quotient $\frac{l'}{l''}$ ist $= -1$, weil l'' an die Seite fällt, wo
dem von uns angenommenen Normalfalle nicht lag; abe
h''' erhält das entgegengesetzte Zeichen, daher wird der
$\frac{d\mu}{\mu - 1}$ mit $\frac{h'}{f'} \frac{f''}{f'''} - \frac{h''}{f'''} + \frac{h'''}{f'''}$ multiplicirt,

und da $h' = h'' \left(\frac{f+f'}{f-f'} \right)$ und $h''' = h'' \left(\frac{f - 2f' - 2f''}{f - f'} \right)$
auch noch $f''' = f'$ ist, so wird jener Multiplicator $=$

$$h'' \left\{ \frac{f+f'}{f'(f-f')} - \frac{1}{f'} + \frac{f - 4f'}{f'(f-f')} \right\},$$
$$= \frac{h''}{f'} \left\{ \frac{f - 2f'}{f - f'} \right\}$$
$$\text{oder} = \frac{h'}{f'} \left\{ \frac{f - 2f'}{f + f'} \right\}$$
$$= \frac{\varphi (f - 2f')}{f'},$$

also nicht so sehr vermindert, als man wünschen möchte.
bei dem in No. 20. betrachteten Fernrohre ist die Farbe
streuung nicht ganz aufgehoben, und daher das Erdfernroh
4 Ocularen vorzuziehen, wofür ich hier jedoch die Rech
nicht durchführen will, da dieses ohne erhebliche Weitlä
keit nicht geschehen könnte.

Einige Bemerkungen über die Einricht und Aufstellung der Fernröhre.

29. Mit der Kunst, Fernröhre zu verfertigen, bin i
wenig vertraut, um darüber hier etwas zu sagen: ich be
mich daher mit einzelnen Bemerkungen, die auch für de
gen wichtig sind, welcher bloſs die Anordnung des Fern
verstehen lernen will.

Ich habe schon früher erwähnt, wie nöthig es sey, dafs die ittelpuncte aller der Kugelflächen, welchen die einzelnen berflächen der Linsengläser angehören, genau in gerader Linie Fig. gen. Wenn dieses nicht der Fall ist, so fällt des Glases A 37. nnpunct in b, und darauf gründet sich ein Mittel, dieses triren genau zu bewirken, dessen sich die Künstler jetzt nach AUNHOFER's Anleitung gern bedienen. Man bringt nämlich Fernrohr so auf die Drehbank, dafs des Fernrohrs Axe mit Drehungsaxe genau zusammen fällt, und sieht nun durch die ser auf einen entfernten Gegenstand; liegt der Brennpunct Objectivs so wie b, so wird bei der Drehung der Brennpunct den ganzen Sehewinkel b D β seine Lage ändern und der genstand scheint sich in starkem Mafse zu erhöhen und zu nken. So lange dieses der Fall ist, mufs die Lage des Glases, sen Stellung Schuld hieran ist, berichtigt, und dieses erst n fest gestellt werden, wenn das Tanzen des Gegenstandes llig aufhört. Wie man die Centrirung eines zusammengesetz- Objectivs dadurch bewirken kann, dafs man die von den zelnen Flächen dargestellten Spiegelbilder genau in eine ge- e Linie bringt, hat WOLLASTON gezeigt[1]. Man bringt ein cht hinter das Objectiv und besieht dieses durch das Rohr mit eglassung aller Augengläser; dann zeigen sich aufser dem lde, welches vom convexen Linsenglase hervorgebracht wird, e durch Spiegelung an den Oberflächen entstehenden Bilder, ren mehrere man leicht gewahr wird. WOLLASTON hat die i einem dreifachen Objective entstehenden 15 Bilder alle ge- hen. Da man aus theoretischen Gründen den Ursprung jedes zelnen Bildes kennt, so kann man, wenn bestimmte Bilder ch von der geraden Linie entfernen, schon beurtheilen, wie sjenige Glas, dem sie ihren Ursprung verdanken, durch Stell- hrauben anders gestellt werden mufs, um berichtigt zu wer- en. Wenn man bei einem guten Objective sich genöthigt eht, die Gläser, aus denen es zusammengesetzt ist, aus einan- r zu nehmen, so thut man wohl, durch ein Zeichen am Rande e Stellung, die sie hatten, kenntlich zu machen, um sie nach- r so wieder zu vereinigen, wie sie vereinigt gewesen waren.

30. Ich mufs noch etwas über die *Blendungen*, die man mitten im Fernrohr findet, und über das *Fadenkreuz* sagen.

1 Gilb. LXXIII. 264.

Die Blendungen haben da ihren Platz, wo die durch die M des Objectivs gehenden Hauptstrahlen die Axe des Fernr schneiden. Die durch den wahren Mittelpunct des Obje gehenden Strahlen kommen dort in einen einzigen Punct zus men, aber die Oeffnung der Blendung muſs dennoch kein bl Punct, sondern hinreichend seyn, um so viel Strahlen als thig sind, um hinreichendes Licht zu geben, durchzulassen

Das *Fadenkreuz* dient, um den genauen Mittelpunct Fernrohrs und zwei auf einander senkrechte Durchmesser Gesichtsfeldes zu bezeichnen. Es ist *im Brennpuncte des let Oculars* angebracht, weil da dieser wirkliche Gegenstand un telbar neben dem letzten Bilde liegend, deutlich gesehen w Die Fäden werden zugleich erheblich vergröſsert gesehen, die Brennweite des letzten Oculars, (welches zu diesem Zw freilich ein convexes seyn muſs) allemal klein in Vergleich gegen die Weite des gewöhnlichen Sehens ist. Man bed sich der *Spinnewebefäden* oder sehr feiner *Metallfäden*. Hinsicht auf die erstern sezte ich hierher eine, mir schon geraumer Zeit von dem berühmten Astronomen Bessel h schriftlich mitgetheilte Anleitung, wie diese in das Fern eingezogen werden. „Man nimmt den Ring, an welchen Fäden ausgespannt werden sollen, aus der Ocularröhre he und läſst durch einen Uhrmacher oder Mechanicus mit ei Grabstichel auf seiner Peripherie Linien ziehen, die durch Mittelpunct gehen und auf einander senkrecht sind. So mehrere Parallelfäden eingezogen werden, so dienen dazu übrigen in der Figur angezeigten Linien. Man feilt dann Grat ab, und schleift da, wo in der Zeichnung die Schatti ist, etwas Metall weg. Dann sucht man ein Spinnennest den Monaten am Ende des Winters findet man diese häufi dunkelen, mit der freien Luft in Verbindung stehenden O zieht einen Faden heraus, und fährt einige Male mit dem I men und Zeigefinger daran herab, um ihn vom Staube zu freien; am besten indem man ihn mit einer Cirkelspitze, w sich etwas Klebwachs befindet, fest hält, und das Nest he hängen läſst. Man spannt dann einen Theil des Fadens schen beiden Cirkelspitzen aus, indem man eine zureich Länge des Fadens zwischen ihnen mit Klebwachs befestigt, indem man so den nur mäſsig angespannten reinen Faden schen den Cirkelspitzen hält, behaucht man ihn, um ihn

Fig. 38.

vas stärker anzuspannen. Dann legt man den Ring, worin espannt werden soll, auf einen Tisch, auf welchem ein hwarzen Papiers befindlich ist, und legt den Cirkel so weg, dafs der Faden einer der darauf gezeichneten Litspricht. Ist er schon stark genug gespannt, so kann sogleich festkleben, und dieses geschieht am besten dalafs man ein nicht scharfes eisernes Instrument, z. B. eiraubenzieher, mit hölzernem Hefte, im Lichte erhitzt, was Wachs an die Spitze bringt, und dann wieder so hitzt, bis dieses anfängt zu verdampfen; dadurch wird chs im höchsten Grade flüssig, und man kann hiermit den iehr gut befestigen; — dafs der Schraubenzieher nicht Spitze ins Licht gekommen und beräuchert seyn mufs, sich von selbst. Ist der Faden noch nicht gespannt gewesen, so reifst man ihn, nachdem nur das eine Ende bt worden, von der andern Cirkelspitze los und spannt he man die zweite Befestigung anbringt, mit der Hand (dies kann dadurch geschehen, dafs man den Ring so lastet, dafs der Faden nur noch kaum stark genug ist, zuziehen, und indem man dann durch dieses Fortziehen len völlig anspannt), worauf dann die Befestigung, wie erfolgt. Um sich zu überzeugen, ob der Faden gut geist, thut man wohl, ihn nach der Befestigung zu behaund schnell mit einer Loupe zu besehen, um gewahr zu , ob er selbst im feuchten Zustande hinreichend gespannt Wenn alle Fäden eingezogen sind, pflege ich auf die , in welchen sie liegen, kleine Puncte von Lackfirnifs hen, nach dessen Antrocknen das Wachs, wenn es im seyn sollte, weggenommen werden kann. Die zu dieser öthige Uebung erwirbt man sich leicht, wenn gleich der 'ersuch die Geduld wohl oft sehr ermüdet." — So ssel's Anleitung.

die gewöhnlichen Metallfäden zu dick sind, um da, sehr genaue Bestimmungen erhalten will, angewandt zu , so hat Wollaston eine Methode vorgeschlagen und ırt, um sich ungemein feine Fäden zu verschaffen. Es nnt, dafs man feine Silberfäden dadurch hervorbringt, n einen dickeren Silberstab nach und nach durch immer Oeffnungen zieht; durchbohrt man nun diesen noch hr dünne gezogenen Silberstab nach der Richtung sei-

ner Axe, so dafs die Oeffnung ein genaues Zehntel des g
Durchmessers ist, und giefst diese Oeffnung mit Golde a
läfst sich jetzt der Silberstab mit dem darin enthaltenen
weiter ziehen, und man erhält, wenn der Silberfaden $\frac{1}{10}$
dick ist, einen Goldfaden von $\frac{1}{1000}$ Zoll Dicke, von we
550 Fufs nur 1 Grain wiegen. Um ihn vom Silber zu bef
legt man ihn einige Minuten in Salpetersäure, die das Silbe
löst, das Gold aber unverändert läfst. Wollaston beh
auf eine ähnliche Art Platindrähte von $\frac{1}{18000}$ Zoll Dicke
ten zu haben, die doch noch ein Gewicht von $1\frac{1}{4}$ Grain
gen vermochten, zugleich aber bemerkt derselbe, dafs da
bringen solcher Drähte an bestimmten Stellen viel Schwier
habe, weil Drähte unter $\frac{1}{3000}$ Zoll Durchmesser nicht me
blofsen Augen sichtbar sind; er räth daher, an ihrem E
wenig Silber übrig zu lassen, damit man sie an den Ende
sen könne[1].

31. Die *Aufstellung* der Fernröhre kann zwar nac
schiedenheit des Zwecks höchst mannigfaltig seyn, und
bei jedem bestimmten Instrumente besonders angegeben
den; aber einige Bemerkungen über die Aufstellungen, w
da passend sind, wo man das Fernrohr nur als Fernrohr g
chen will, gehören auch hierher. Will man ein Fernro
einiger Annehmlichkeit gebrauchen, so mufs es auf einem
füfsigen Fufsgestelle auf einem Tische oder auf dem Fufs
aufgestellt werden können. Hat man nicht die Absicht,
sehr genauen Beobachtungen zu gebrauchen, so ist es
chend, wenn an den Ringen, die das Fernrohr umfassen
Nufs angebracht ist, die in eine hohle Kugelform durch S
ben eingeklemmt festgehalten werden kann. Dadurch i
im Stande das Fernrohr nach allen Richtungen leicht zu
gen und es doch auch in bestimmten Richtungen feststehe
erhalten. Will man das Fernrohr auf Reisen mitnehme
kann man statt des zu schweren Fufses nur irgend ein
um die Hülse der Nufs an einem Baume, Pfahle u. s.
befestigen anbringen.

Will man aber das Fernrohr zu genauen Beobachtunge
brauchen, will man namentlich den Stern, den man ein
Felde hat, verfolgen, so bedarf man einer doppelten feine

1 Gilb. LII. 289.

ung, um nach zwei, auf einander senkrechten Richtungen Stellung des Fernrohrs zu verändern. Bei Fernröhren, die t fest aufgestellt, sondere transportabel sind, macht man doppelte Bewegung so, daſs die eine horizontal, die andere vertical ist. Das Fernrohr kann nämlich um eine auf dem ruhende verticale Axe gedrehet, und dann festgestellt n; aber bei dieser Feststellung ist die Einrichtung getrof- daſs eine Schraube ohne Ende in Zähne, die auf dem Rande horizontalen, mit dem Fernrohre fest verbundenen Scheibe chnitten sind, eingreift, und so das Fernrohr sehr langsam horizontaler Richtung fortzieht, wenn man die Stellung nur ser Richtung ein wenig ändern will. Zugleich ist der auf verticalen Axe ruhende Theil der Unterstützung des Fern- mit einer horizontalen Axe versehen, damit das Fernrohr in einer verticalen Ebene bewegen oder in allen verschie- n Neigungen gegen den Horizont aufgestellt werden könne. man es also in die Verticalebene gebracht, in welcher sich u beobachtende Gegenstand befindet, so stellt man es höher tiefer, so wie es die Lage des Gegenstandes fordert, und durch eine ganz ähnliche feine Bewegung, wie die vorhin riebene, nach, um die richtige Stellung völlig zu erreichen. r beobachtete Gegenstand ein Stern, der das Feld des ohrs bald verlassen würde, so müssen beide Schrauben ch fortgedreht werden, um der Bewegung des Sternes zu n.

Wenn das Instrument an einem bestimmten Orte fest steht, ebt man der ersten, vorhin verticalen, Axe lieber eine mit Weltaxe parallele Stellung. Dann ist eine um diese Axe nde Drehung mit der täglichen Bewegung der Gestirne einstimmend, und um einen einmal mitten im Fernrohre be- lichen Stern in der Mitte des Feldes zu erhalten, ist nur die Fortbewegung um diese Axe nöthig; die Fortbewegung um ndere Axe dient dann, Sterne aufzufinden, die auf demsel- Declinationskreise stehen.

Um das Fortschrauben des Fernrohrs zu vermeiden, was mit der Hand so gleichförmig geschieht, daſs der Stern genau mselben Puncte des Feldes bleibt, hat man wohl Uhrwerke ebracht, die das Fernrohr in 24 Stunden um jene der Welt- parallele Axe herumführen, und so die Stelle jener fort- raubenden Bewegung vertreten. Die vollkommensten Werke

der Art sind ohne Zweifel die grofsen *Fraunhofer'sch* *fractoren*, bei denen dieses Uhrwerk zwar nicht auf langes Fortgehen eingerichtet ist, aber eine solche Vollko heit besitzt, dafs der Stern wie befestigt im Felde des Fe erscheint, und man beim Beobachten gar nicht durch e: ternde Bewegung gestört wird. Das Uhrwerk kann lei fser Verbindung mit der Axe, um die sich das Fernrohr läfst, gesetzt werden, und dann ist man völlig im Stand Fernrohre jede willkürliche Stellung durch freie Drehu der Hand zu geben. Stellt man aber die Verbindung n Uhrwerke her, so treibt dieses, wenn man sein Gewi läfst, das Fernrohr mit fort. Ein Gewicht nämlich ist s glichen, dafs es allen gegenüberstehenden Theilen und ü auch der Reibung so das Gleichgewicht hält, dafs die g Vermehrung desselben Bewegung hervorbringen würde Verbindung von Räderwerk, die als Vorlage die Bewegı ganzen Fernrohrs vermittelt, wenn das Gewicht zu sink fängt, kann ich hier nicht beschreiben; es erhellet abe ein geringes Uebergewicht jenem Gewichte zugelegt im ist, die schon völlig aequilibrirte Maschine in Gang zu und dafs dieser Gang ein beschleunigter seyn würde, we Gewicht ohne neues Hindernifs frei herabsänke. Diese be nigte Bewegung würde ganz dem Zwecke der gleichm Fortbewegungen entgegen seyn, und das Werk bedur her eines Regulators, den Fraunhofer durch eine be mehrter Schnelligkeit vermehrte Reibung zu Stande g hat. Mit dem Uhrwerk nämlich wird eine Unruhe, di schwere Metallmassen an einer elastischen Feder trä schnellen Umschwung gesetzt. Sie befindet sich in eine fäfse und zwar so, dafs jene Massen bei der Ruhe das nicht berühren, bei der Drehung aber sich vermö Schwungkraft an die Wände andrängen und sich an desto mehr reiben, je schneller die Drehung ist. Durcl Reibung wird die Beschleunigung der Bewegung, sobal einen gewissen Grad erreicht hat, gehindert, und d durch eine kleine Correction in der Stellung der Metall bewirken kann, dafs die Beschleunigung bei einem oder minder hohen Grade von Geschwindigkeit aufhört, es nicht schwer, es so einzurichten, dafs die erlangte förmige Geschwindigkeit genau die sey, welche das F

ngen soll. Nach STRUVE's Versicherung entspricht diese rdnung der *Centrifugal-Unruhe* aufs vollkommenste ihrem ecke[1]. Ueberhaupt gehören diese gröfsten Fernröhre FRAUN-R's zu den Meisterwerken der Kunst, deren Ausführbarkeit beim Antritt dieses Jahrhunderts noch für unmöglich hielt. jetzt in Dorpat befindliche, vermuthlich das letzte, von UNHOFER selbst vollendete, ist 13 Fufs 7 Zoll lang, des Ob-ivs Brennweite ist 160 Zoll und seine Oeffnung beträgt genau ll. Die vier Vergröfserungen sind 140, 210, 320, 480 Mal, i die Gesichtsfelder 13',2; 8',0; 5',7 und 4',2 sind. Dieses ument leistet auch wirklich das vollkommen, was seine e erwarten läfst. STRUVE glaubt, dafs es an Schärfe der r alle Spiegelteleskope übertreffe, indefs ist die Behauptung, es auch gröfsere Lichtstärke besitze, als die grofsen Spiegel-kope, noch nicht ganz entschieden[2], und aus den von UVE gegebenen Nachrichten, erhellet nur, dafs man die mei- Gegenstände, welche HERSCHEL mit seinen Teleskopen ent-t hat, auch mit diesem Fernrohre mufs auffinden und mit t viel geringer Klarheit beobachten können[3].

32. Da bei stark vergröfsernden Fernröhren allemal das Ge-feld sehr klein ist, so ist es schwierig, einen bestimmten nstand am Himmel aufzufinden, und man bedarf daher bei röhren, die irgend bedeutende Vergröfserung geben, des *hers*. Dieses ist ein kleines Fernrohr, welches ein grofses hat, und zureichende Lichtstärke bei mäfsiger Vergröfse- besitzen mufs, um die Gegenstände selbst einigermafsen nehmen zu lassen, die man mit dem gröfsern Fernrohr *bachten* will, oder doch wenigstens zureicht, um Gegen-de nahe bei den zu beobachtenden aufzufinden. Wenn der er richtig gestellt ist, so mufs der Punct, welcher von der e seines Fadenkreuzes verdeckt wird, genau in der Mitte

1 STRUVE Beschreibung des grofsen Refractors. Dorpat 1825. Fol.

2 Ich behalte daher diese Vergleichung dem Art. *Spiegelte-p* vor.

3 Da die Utzschneider'sche Werkstatt wohl immer noch dieje- ist, an welche allein man sich, um ausgezeichnet grofse und gliche Fernröhre zu erhalten, wenden kann, so führe ich einige iften an, wo die Preise dieser Fernröhre angegeben sind. DE corresp. astronomique VI. 94. Astron. Zeitschrift von v. LIN-AU und v. BOHNENBERGER II. 173. Gilb. Ann. LIV. 202.

des Feldes des grofsen Fernrohrs erscheinen, oder die Axen der müssen genau übereinstimmen. Will man Gegenstände suchen, die für den Sucher zu klein oder zu lichtschwach so wird man wohl immer einige benachbarte Gegenstände nen, die man im Sucher wahrnehmen und mit deren Hülfe den Punct, wo jener Gegenstand stehen soll, in die Mitte Fernrohrs bringen kann.

Einige besondere Vorschläge Fernröhren.

33. Brewster's *Fernrohr, um Gegenstände unter W zu sehen.* Da wir die im Wasser befindlichen Gegenstän hinreichender Durchsichtigkeit des Wassers, theils wegen ebenheiten der Oberfläche, theils weil wir in schiefer Ri auf die Oberfläche blickend, zu viel zurückgeworfene S erhalten, nicht gut sehen, so bemerkt Brewster erstlich eine ins Wasser mit dem einen Ende eingetauchte, und mit einem, senkrecht auf die Axe gestellten Planglase fest das Eindringen des Wassers verwahrte Röhre schon allein Sehen der im Wasser befindlichen Gegenstände sehr befö seyn würde. Hier nämlich ist die Richtung des Sehens recht auf die durch das Glas fest bestimmte Oberfläche des sers, und diese Oberfläche ist zugleich ganz eben. Zw aber, wenn der Boden so entfernt sey, dafs man eines lichen Fernrohrs bedürfe, so müsse, fügt Brewster hinzu Objectiv, welches nun an die Stelle jenes Planglases tr wieder die Röhre wasserdicht verschliefst, so berechnet w wie es den aus Wasser in Glas und aus Glas in Luft überg den Lichtstrahlen gemäfs ist. Diese Rechnung liefse sich genug anstellen, aber dennoch scheinen dem Sehen unter ser manche Schwierigkeiten entgegen zu stehen, da die g ste Trübung das Wasser undurchsichtig und die Erleucht der Tiefe schwach macht, und überdas eine wallende O che, indem sie viele Strahlen zurückwirft, nur wenige z leuchtung in die Tiefe gelangen läfst[1].

Brewster's Vorschläge zu Fernröhren, die zu Bestim der Entfernung der gesehenen Gegenstände dienen, g

1 Brewster on philosophical Instruments. p. 225. und L. 65.

t ganz hierher, da sie mit der Theorie der Mikrometer in
indung stehen [1].

34. Kitchiner's *pancratic Eyetube.* Unter diesem
en eines, alle Vergröſserungen bewirkenden Ocular-Ein-
s kündigte Kitchiner eine Verbesserung der Fernröhre
von deren wirklicher Anwendung nichts Genaueres öffent-
bekannt geworden ist [3]. Ich theile hier einen Auszug jener
ige mit einigen Bemerkungen mit.

Es ist bekannt, heiſst es dort, daſs man bei vier Ocularen
Vergröſserung sehr vermehren kann, wenn man die beiden
n, oder dem Auge nächsten Oculare von einander entfernt,
könn indeſs nur höchstens bis auf eine nicht völlig das
elte der gewöhnlichen erreichende, Vergröſserung getrie-
werden. Der Verf. dieser Anzeige dagegen habe sich be-
diese Steigerung der Vergröſserung weiter zu treiben, und
y ihm gelungen, durch seinen Ocular-Ansatz, an ein 44
es achromatisches Fernrohr angebracht, die feinsten Dop-
rne schärfer und deutlicher zu zeigen, als es bisher bei
t einem andern möglich war. Mit einem Dollond'schen
öhre von 30 Zoll Brennweite und 2,7 Zoll Oeffnung, lieſs
ei 230maliger Vergröſserung der Stern Castor als Doppel-
deutlich erkennen u. s. w. Ueber die Einrichtung dieses
r-Einsatzes wird bloſs Folgendes angegeben. Wenn die Fig. 39.
Röhren A, B und C in die Röhre D ganz eingeschoben wer-
so giebt das Fernrohr seine eigenthümliche Vergröſserung,
der Zusammensetzung beider Linsenpaare nach ihren
weiten. Soll aber die Vergröſserung vermehrt werden,
als die bewegliche Röhre A bis zu einer der bemerkten
n ausgezogen werden, die Röhren B, C aber werden nicht
berührt, bis A ganz ausgezogen ist; sodann wird die
Röhre B nach und nach bis zu den bemerkten Zahlen ausge-
, und endlich die dritte Röhre C. Die Zahlen deuten die
chsende Vergröſserungskraft des Fernrohrs an, und ver-

1 Brewster on ph. Instr. p. 134.
2 Astron. Jahrb. für 1826. S. 177.
3 Vermuthlich findet sich mehr darüber in einem wahrscheinlich
eben dem Kitchiner herausgegebenen Buche: The Economy of
Eyes; Second Part; of Telescopes, beeing the Result of 30 Years
riments with 51 Telescopes from 1 to 9 Inches in Diameter, by
chiner — aber dieses Buch habe ich noch nicht erhalten.

muthlich sind diese Zahlen so zu verstehen, dafs die n
gewöhnlichen Stellung der Gläser erlangte Vergröfserung
1,1 fache, 1,2 fache, 1,3 fache und endlich auf das 4 fa
trieben wird, wenn man die Röhren bis an die Linien 11
130, und endlich 400 herauszieht.

Hierbei ist nun unstreitig die Behauptung, dafs n
diese Weise geradehin mit jedem Objective eine so un
verstärkte Vergröfserung erhalten könne, zu umfassend
das Objectiv mufs an sich einen gewissen Grad von Vo
menheit besitzen, um eine starke Vergröfserung zu ve
und wenn ein Objectiv von 30 Zoll Brennweite eine 80
Vergröfserung auch noch recht gut erlaubt, so wird d
nicht allemal auch bei 270 maliger Vergröfserung das Bil
schön genug ausfallen. Aber allerdings ist es wahr, dal
che Objective, die ursprünglich nur für 40 malige Vergrö
bestimmt waren oder sich in Fernröhren befinden, den
Künstler keine stärker vergröfsernde Oculare gab, sich n
genug für viel stärkere Vergröfserungen zeigen. Solcl
jective setzt also Kitchiner voraus, und wir wollen n
gefähr angeben, wie das Ausziehen der Röhren die Vergrö
mit der Stellung der Oculare ändert. Die Einrichtung b
sen veränderlichen Stellungen der Oculare kann vers
seyn; ich will zwei derselben etwas näher betrachten,
die, wo die drei ersten Oculare in ihren gegenseitigen S
gen bleiben, und nur das letzte seine Stelle ändert, zw
die, wo das erste Ocular mit dem zweiten, und das dri
dem vierten fest verbunden ist, wo aber der Abstand des
ten und dritten verändert wird.

Im ersten Falle erhellet sogleich, dafs wenn man das
Ocular allein herauszieht oder hineinschiebt, kein deutlich
hen statt finden konnte; denn die Bilder, welche durch d
jectiv und die vereinigten ersten Oculare hervorgebracht w
blieben dann ganz an derselben Stelle, das letzte also nicht
im Brennpuncte des letzten Oculars; es ist daher nöthig
auch die Stellung der drei fest verbundenen Oculare ge
werde, und wir wollen die dann entstehende Aenderu
Vergröfserung bestimmen. Des Objectivs Brennweite
30 Zoll = 360 Linien; die Brennweite des ersten Ocula
= 15 Linien; des zweiten = 12 Linien; des dritten = 1
nien und des vierten = 12 Linien. Der unveränderlich

ies ersten und zweiten Oculars sey 18 Linien, des zwei-
l dritten Oculars = 36 Linien. Als ersten Fall setze ich
en Brennpunct des Objectivs 10 Linien vom ersten Ocu-
tfernt; dann entsteht das wirkliche Bild in der Entfer-
= 6 Linien vom ersten Oculare, und = 12 Linien vom
ı Ocular, und da es also im Brennpuncte des zweiten
liegt, so fallen die Strahlen parallel auf das dritte Ocu-
d sammeln sich in dessen Brennpuncte, der zugleich der
unct des vierten seyn mufs. Hier müssen also die bei-
zten Oculare 30 Linien von einander abstehen, und die
serung ist $= \frac{360}{10} \cdot \frac{6}{12} \cdot \frac{18}{12} = 27$ malig.

gegen sey das erste Ocular in die Stellung gebracht, dafs
mpunct des Objectivs nur 6 Linien hinter dem ersten
e liege, dann liegt das wahre Bild $= 4\frac{2}{7}$ Lin. hinter dem
und $13\frac{3}{7}$ Linien vom zweiten Oculare; die durch das
Ocular gehenden Strahlen convergiren jetzt gegen einen
der 113 Linien hinter dem zweiten also 77 Linien hinter
itten Oculare liegt; und diese geben $14\frac{3}{5}$ Linien hinter
itten Oculare das zweite wirkliche Bild; damit dieses im
ncte des vierten Oculars sey, müfste dieses um $3\frac{3}{5}$ Lin.
eschoben werden, und die Vergröfserung wäre

$$= \frac{360}{6} \cdot \frac{4\frac{2}{7}}{13\frac{3}{7}} \cdot \frac{113}{77} \cdot \frac{14\frac{3}{5}}{12} = 34{,}2 \text{ fach.}$$

ttens sey das erste Ocular nur 4 Linien vom Brennpuncte
ectivs entfernt, also das Bild $3\frac{3}{19}$ Lin. vom ersten und
nien vom zweiten Oculare entfernt; die aus dem zwei-
are hervorgehenden Lichtstrahlen convergiren so, dafs
$2\frac{2}{3}$ Linien Entfernung sich sammeln würden, wenn sie
dritte Ocular anträfen; dieser Sammlungs-Punct liegt
Linien vom dritten Oculare entfernt, und das zweite
Linien von demselben, das vierte Ocular mufs also in
ung gegen die erste Stellung $7\frac{1}{4}$ Lin. hereingeschoben
und die Vergröfserung ist

$$\frac{360}{4} \cdot \frac{3\frac{3}{19}}{14\frac{16}{19}} \cdot \frac{62\frac{2}{3}}{26\frac{2}{3}} \cdot \frac{10\frac{3}{4}}{12} = 40\frac{1}{3}.$$

e Beispiele zeigen, wie eine Veränderung in der Stel-
ier Gläser die Vergröfserung ändert; aber nach Schu-

MACHER's Angabe[1] werden die beiden verbundenen letzte lare herausgezogen, die beiden ersten zurückgeschoben dadurch die Aenderung der Vergröſserung bewirkt. Ge also von dem Falle aus, wo die Vergröſserung die $40\frac{1}{4}$fach und stelle nun das erste Ocular $4\frac{1}{2}$ Linien vom Brenn des Objectivs entfernt, so liegt das erste wirkliche Bild 3 nien vom ersten und $14\frac{7}{11}$ Linien vom zweiten Ocular auf das zweite Ocular fallenden Strahlen würden nac Durchgange durch dieses ein Bild in $68\frac{8}{11}$ Lin. Entfernu vorbringen, und damit dieses $26\frac{2}{3}$ Lin. hinter dem dritte lare liege, müſste dessen Abstand vom zweiten auf 42 gebracht werden, statt daſs er vorhin nur 36 war, das beiden letzten Oculare müſsten 6 Linien herausgezogen, den ersten $\frac{1}{4}$ Lin. hineingeschoben werden, und es ist Vergröſserung $\frac{360}{4\frac{1}{2}} \cdot \frac{3\frac{6}{11}}{14\frac{7}{11}} \cdot \frac{68\frac{4}{7}}{26\frac{2}{3}} \cdot \frac{10\frac{1}{4}}{12}$ also ungefähr 44

SCHUMACHER bemerkt aber mit Recht, daſs ein bes Nutzen dieser Ocularröhren nicht erhelle, einzig den aus men, daſs man untersuchen kann, welche Vergröſseru gegebenes Objectiv noch gut vertrage; in so fern möchte Künstlern, die Fernröhre verfertigen, von einigem Nutze die Entfernung der beiden letzten Oculare von den bei sten so zu bestimmen, daſs die Vergröſserung möglich werde[2].

Festigkeit.

Soliditas; Solidité; *Firmness, Solidity;* bez eine *relative* Eigenschaft verschiedener Körper, welch wegen nur relativ ist, weil es kein absolutes Maſs ode absolute Gröſse derselben giebt. Diese Bezeichnung wi in einem zweifachen Sinne genommen. Entweder bez Festigkeit (oder besser Starrheit, weswegen auch richtige

1 Astron. Nachrichten IV. No. 88.

2 Als einen Vortheil, den man allenfalls aus dieser Ei ziehen kann, bemerkt doch Kunowsky, daſs man bei u Durchsichtigkeit der Luft, sogleich die angemessenste Vergr die man gerade brauchen kann, finde. Eine ähnliche Einrich Oculars von Cauchoix, giebt Biot an (Experim. Phys. III. 487 choix nennt diese Fernröhre lunettes polyaldes.

rper als feste gesagt wird), diejenige Eigenschaft oder den-
igen Zustand der Körper, vermöge dessen ihre Theile einer
e Trennung von einander oder Verschiebung über einander
wirkenden Kraft irgend einen meſsbaren und meistens sehr
eutenden Widerstand entgegensetzen, in welcher Beziehung
e ihre Beschaffenheit der tropfbaren und gasförmigen Flüs-
eit entgegensteht; oder aber der Ausdruck Festigkeit be-
hnet den gröſseren und geringeren Grad dieses Widerstan-
gegen irgend eine Art der Trennung ihrer Theile, in wel-
Falle sie der Zerbrechlichkeit, Zerreiſsbarkeit, überhaupt
Zerstörbarkeit entgegensteht, und in die absolute, relative,
wirkende und der Drehung widerstehende Festigkeit abge-
t wird. In der letzten Bedeutung ist die Sache in gehöri-
Vollständigkeit in den Art. *Cohaesion* und *Elasticität* abge-
delt, auch sind in dem ersteren derselben diejenigen Ansich-
angegeben, welche man sich von dem Wesen und den Be-
ungen dieses Zustandes gemacht hat. Noch einiges, was
hierüber beibringen läſst, wird am besten unter *Flüssigkeit*
Gas abgehandelt werden. Es bleibt somit hier nichts wei-
übrig, als die ihres allgemeinen Bekanntseyns wegen fast
flüssige Bemerkung, daſs eine scharfe Bezeichnung des Zu-
es der Festigkeit, im Gegensatze der Flüssigkeit oft schwie-
wo nicht unmöglich ist, indem man sich leicht in Verlegen-
befinden könnte, ob man z. B. erweichtem Wachse, Pech
w. die Eigenschaft der Festigkeit oder der Flüssigkeit bei-
n solle. Eben daher wird aber diese Eigenschaft mit Recht
relative genannt. *M.*

Feuer.

nis; Feu; *Fire*. Die Bedeutung des Worts *Feuer* hat
allmälig sehr geändert. In früheren Zeiten bezeichnete das-
be bei wissenschaftlichen Untersuchungen einen gewissen
mentarstoff, oder auch eine Grundkraft, welche als die Ur-
he alles Erwärmens und Verbrennens angesehen wurde, wie
deutlich aus den Ausdrücken: *Feuerstoff, Feuerwesen,*
mentarfeuer u. a. ergiebt. Diese Wortbedeutung kann aber
gänzlich untergegangen betrachtet werden, wenigstens wenn
den neuesten Zeiten die Rede ist. Auſserdem aber bezeich-
dieses Wort, hauptsächlich im gemeinen Leben, das soge-
nte *Küchenfeuer*, oder dasjenige, was durch den Act des

Verbrennens gegeben wird, wie die Ausdrücke *Feuerl* *Feuerlöschung*, *Feuerhake* und viele andere beweisen. I somit alle diejenigen physikalischen Untersuchungen, w ehemals über das Wesen und Verhalten des Feuers ang wurden, gegenwärtig zur Wärmelehre gehören, so kann nur von demjenigen die Rede seyn, was man gegenwärtig dem Ausdrucke Feuer versteht. Hierbei ist eine genaue stellung der Begriffe nicht ganz leicht, wenn man berücksic wie schwankend die eigentliche Bedeutung des Wortes an u sich und in seinen vielfachen Zusammensetzungen ist. Au Gesichtspuncte des Physikers betrachtet kann man indefs s dafs Feuer jederzeit dann zum Vorschein kommt, wenn i ein Körper mit Ausscheidung von Licht und Wärme verb und hiernach fällt die ganze Untersuchung mit der des *brennens* zusammen, wohin sie daher zu verweisen ist.

Insofern der Ausdruck *Feuer* aufser dem sogenannten chenfeuer vorzugsweise von demjenigen gebraucht wird, ches so oft einzelne Häuser und ganze Ortschaften verzehrt möge über dieses hier dasjenige gesagt werden, was ganz zum Theil in das Gebiet der Physik gehört. Ueber die E hung dieser Feuer oder der sogenannten *Feuersbrünste* nichts Bestimmtes angegeben werden, weil ihre Ursache ausnehmend mannigfaltig und allgemein bekannt sind. N viel will ich hier bemerken, dafs die durch den Blitz erze sich durchaus nicht von andern unterscheiden [1], desgl dafs bei weitem die meisten Brände nicht so verheerend würden, als sie in der Regel sind, wenn man sie mit mehr strengung im Entstehen zu unterdrücken suchte. Zum aus dieser Ursache sind sie daher minder verwüstend in Städten, namentlich den gröfseren, wo eine geregeltere P (andere Ursachen hier nicht zu erörtern), eine gröfsere M arbeitsfähiger Menschen und mit mehr Ordnung zum augenb lichen Löschen anhält, anstatt dafs oft auf dem Lande ein zunächst erst sein Eigenthum zu schützen sucht, wodurch das Feuer Zeit gewinnt, mit solcher Macht um sich zu gr dafs bald keine Bezwingung desselben mehr möglich ist.

Häufig wird die Beobachtung gemacht, dafs im An einer Feuersbrunst fast völlige Windstille herrscht, beim

1 Dieses ist ausführlicher unter *Blitz* Th. I. S. 1027. gez

ge derselben aber der Wind sich erhebt und bei grofsen nden selbst in Sturm übergeht, auch zuweilen während die- Zeit seine Richtung ändert. Unter diesen Erscheinungen t die erste, nämlich das Entstehen des Windes einfach und ittelbar nach pneumatischen Gesetzen durch das Aufsteigen sehr erhitzten Luft und das hierdurch veranlafste Eindrin- der horizontalen Luftschichten, woraus dann auch die mit Zeit leicht zunehmende Stärke des entstandenen Windes be- ich wird [1]. Weniger leicht läfst sich die wechselnde Rich- des entstandenen Windes daraus erklären, dafs ähnliche einungen auch sonst wohl beobachtet werden, im Allge- en aber minder auffallen mögen, weil sie nur unbedeuten- Interesse haben, bei einer Feuersbrunst aber von hoher tigkeit sind, und daher vorzüglich auffallen. Aufserdem dringt die Luft von allen Seiten in die sehr erhitzte ein, es kann daher von verschiedenen zusammenwirkenden Be- ungen abhängen, wenn die eine und bald darauf eine an- in gröfserer oder geringerer Höhe über der Erdoberfläche chende Luftströmung die Oberhand erhält.

Die Mittel zur *Feuerlöschung* zerfallen in zwei Classen, n erste die *Instrumente*, die zweite die *gebrauchten Sub-* *zen* in sich fast. Vorher aber ist als allgemeine Regel zu ksichtigen, dafs ein Brennen überall ohne Zutritt der freien und des in ihr enthaltenen Sauerstoffgases unmöglich ist, en desto stärker wird, je leichter und reichlicher die Luft iströmt. Manches Feuer liefse sich daher in seinem Begin- ersticken, wenn nicht das Bestreben, sich zum Löschen lben Zugang zu verschaffen, ein Oeffnen der Zimmer- - und Caminthüren, der Fenster, das Einschlagen der de u. s. w. veranlafste. Namentlich würde das so oft ge- liche Brennen der Schornsteine ohne weiteren Nachtheil ben, wenn man Anstalten machte, sie durch eine Klappe r eine sonstige Vorrichtung oben so zu verschliefsen, dafs da- ch der Luftzug in ihnen gänzlich aufgehoben würde. Dahin rt dann auch das zweckmäfsige und schon mehrmals mit lg angewandte Mittel, auf den Heerden unter den brennen- Schornsteinen eine verhältnifsmäfsige Menge Schwefel an- ünden, damit das durch den Luftzug aufsteigende schweflich-

---

1 Vergl. *Wind*.

saure Gas das Sauerstoffgas der atmosphärischen Luft und dadurch das weitere Brennen des Rufses unmöglic

Die Werkzeuge, deren man sich zur Feuerlöschung sind aufser den gröfseren Wasserkübeln, kleineren eimern, Haken, Rettungsleitern u. s. w. insbesondere de *spritzen*, welche in der Hauptsache zweifach sind, näı genannte Handspritzen und gröfsere auf Rädern bev wovon letztere wieder entweder Stofsspritzen sind, o fortdauernden Wasserstrahl vermöge ihres Windkessel Handspritzen sind deswegen zu empfehlen, weil mai nen schnell im Innern der Gebäude zu den brennenden ständen gelangen kann, allein ihre Wirkung ist zu wenn das Feuer schon beträchtlich um sich gegriffen h vortheilhafteste Construction der Feuerspritzen im Allg gehört zur Technologie und praktischen Maschinenleh also hier nicht mitgetheilt werden, die physikalischen l aber, auf denen diese beruhet, sind in andern Arti gegeben[1].

Als Material der Feuerlöschung dient im Allgeme Wasser, sey dieses reines oder schmutziges, je nach eine oder das andere in gehöriger Menge am leichtesten halten ist. Die Wirksamkeit desselben beruhet auf der lung, welche die brennenden Substanzen durch das l erhalten, und da zum Verbranntwerden der Combustibi mindestens 300° C. betragende Erhitzung erfordert wir der Zustand des Glühens eintrete, so kann dieser nach netzung mit Wasser nicht weiter fortdauern, theils w hohen Wärmecapacität des Wassers, hauptsächlich abe der ausnehmend grofsen Wärme, welche bei der Bil Wasserdampfes latent wird[2], und das Brennen mufs

---

1 S. unter andern Art. *Druckpumpe; Hydraulik* u. a. teratur dient, aufser den Werken über die Hydraulik und tische Maschinenlehre, insbesondere: Karsten Abh. über die hafteste Anordnung zu Feuerspritzen u. s. w. Greifsw. 1773. gel Abh. von der besten Art der Feuerspritzen u. s. w. Ber Helfenzrieder Abh. von Verbesserung der Feuerspritzen. 1778. 8. J. E. Silberschlag praktische Abh. von Prüfung u ger Angabe der Feuerspritzen, mit Anm. von Busse. Halle Ferner die engl. Encyklopädieen und die Werke über die

2 S. *Dampf*, latente Wärme desselben.

ören. Statt des Wassers hat man andere Auflösungen vorhlagen, welche jenes ersetzen und noch außerdem namentdas Holz mit einem Ueberzuge bedecken sollten, wodurch elbe gegen die weiteren Einwirkungen des Feuers geschützt de, als die durch J. F. Glaser[1] empfohlene Holzaschenge, schon gebrauchte Bleicherlauge oder Mutterlauge der Seifieder, Lauge aus den Salzpfannen, Lösungan von Thon-, überhaupt von Erden, Alkalien und Salzen im Wasser. bekanntesten ist diejenige Mischung geworden, welche der wede v. Aken empfohlen hat, nämlich eine Auflösung von schwefelsauren Eisens und 30 ℔ Alaun mit 20 ℔ rothem noxyd (Colcothar) und 200 ℔ Thon vermengt[2]. Es ist zwar dings richtig, daſs solche Substanzen die Dienste des bloſsen ers ersetzen und noch auſserdem einen das weitere Verhindernden Ueberzug bilden, so daſs sie also dem blo-Wasser vorzuziehen sind; allein theils sind sie an den mei-Orten nicht in hinlänglicher Menge zu haben, man kann gar nicht oder nur mit übermäſsigen Kosten in der erforder-Quantität aufbewahren, und mehrere derselben verunrein die Schläuche, Guſsröhren und Ventile der Spritzen bis Unbrauchbarkeit. Unter den verschiedenen Vorschlägen die-Art ist derjenige, welchen Six[3] gemacht hat, einer der be-, indem er räth, sich einer Lösung von Meersalz in Wasser edienen, welches weniger leicht gefriert als gemeines Was-die Kübel zur Aufbewahrung nicht so leicht faulen läſst, den brennbaren Substanzen allerdings einen mindestens et-dem Feuer widerstehenden Ueberzug giebt[4]. Wo indeſs Meersalz nicht leicht, in gehöriger Menge und wohlfeil zu en ist, da wird der Gebrauch dieses Mittels schwerlich einührt werden, um so mehr als ein nachtheiliger Einfluſs soler Salzlösungen auf das Metall, namentlich das Eisen, der uerlöschungs-Apparate allerdings statt findet.

Es wird oft behauptet, daſs nach Beobachtungen, insbesonre bei heftigen Feuersbrünsten, eine zu geringe Quantität des

1 S. Dr. J. F. Glaser's Feuerlöschproben. Marb. 1786. 8.

2 G. XXIII. 314.

3 Ann. de Chim. LIV. 138.

4 Ueber die Mittel, wodurch man die Verbrennlichkeit der Körer aufzuheben oder zu vermindern beabsichtigt s. Art. *Verbrennen*.

eingespritzten Wassers das Brennen anstatt zu unterdrücke mehr verstärke. Im Allgemeinen genommen scheint hie Widerspruch gegen die Naturgesetze zu liegen, indem m Sache so ansehen könnte, als wenn das Wasser, ein scho brannter Körper, noch einmal verbrannt würde. Dieses is an sich unmöglich, allein dennoch ist die Sache nicht gan Grund. Wenn nämlich der Brand bedeutend stark, und sondere eine grofse Menge schon verkohlter und noch glül Balken vorhanden ist, so vermindert sich die Menge des R und der Flammen, deren Aufsteigen das Herbeiströmen f Luft und des darin enthaltenen Sauerstoffgas befördert, de teren ist nicht genug vorhanden, um sich mit den glüh Kohlen zu verbinden und Kohlensäure zu erzeugen; das nen vermindert sich daher scheinbar wegen der vermin Flamme, oder es nimmt aus den angegebenen Gründen wi etwas ab. Kommt unter diesen Umständen wenig und fei theiltes Wasser mit den brennenden Kohlen in Verbindung, allgemein die Quantität desselben so geringe, dafs die bre den Kohlen durch die zur Verwandlung desselben in Dam forderliche, und ihnen entzogene Wärme, nicht unter die hitze abgekühlt werden, und hiernach verlöschen; so ver sie das Wasser zu zerlegen, sie eignen sich den Sauerstof selben an, und der freigewordene Wasserstoff dient zu gröfserung der Flamme hauptsächlich durch das gebildete lenoxydgas. Im Kleinen kann man diesen Procefs leich stellen, wenn man in einen mit Kohlen gefüllten und star henden Ofen etwas Wasser spritzt, wobei sogleich eine bläuliche Flamme mit Prasseln aus dem Schornsteinrohre h zufahren pflegt. Etwas Aehnliches findet statt, wenn m nen Strom Wasserdampf auf eine beträchtliche Menge star hender Kohlen leitet. Hierbei ist auf allen Fall, wie angegeben, ein scheinbar stärkeres Verbrennen vorhanden gen der auffallendern Flamme; es läfst sich aber auch d dafs das eigentliche Verbrennen und die erzeugte Hitze z me, wenn wirklich alles Wasser zerlegt wird, denn die fische Wärme des Wassers ist gröfser als die seiner Bestand und eine Trennung des ersteren in die letzteren müfste also e lich mit Wärmeerzeugung verbunden seyn [1]. Dieser Gege

1 Vgl. Scholz Physik 2te Aufl. S. 284. Gay-Lüssac in A Ph. I. 214.

ıgt übrigens mit der Wärmelehre überhaupt so innig zusam-
n, daſs er erst dort zur näheren Untersuchung kommen kann.
s Phänomen an sich ist einmal richtig, ob aber das eigent-
he Brennen und die durch das Feuer erzeugte Hitze durch
ie geringe Quantität fein vertheilten Wassers wirklich ver-
ärkt werde, ist durch die Erfahrung noch nicht ausgemittelt.

In Beziehung auf die Quantität des zur Feuerlöschung er-
derlichen Wassers ist insbesondere der zwischen v. Marum
d Decroizilles hierüber geführte Streit in der physikalischen
tatur einer Beachtung werth. v. Marum stellte nämlich den
z auf, daſs bei Feuersbrünsten meistens eine ganz unnöthige
sserverschwendung statt finde, wodurch manches an Häusern
l Geräthen zerstört, die Arbeit unnöthig erschwert, und leicht
andern gleichfalls brennenden Stellen Mangel an Wasser her-
geführt werde. Um aber zu beweisen, daſs es nicht sowohl
die Quantität des Wassers als vielmehr auf die zweckmäſsi-
Verwendung desselben ankomme, lieſs v. Marum in wie-
holten Versuchen ein Häuschen bauen, bedeckte dieses mit
i Schichten Stroh, machte zwei Oeffnungen als Luftzüge in
selben und zündete es an. Nachdem es vier Minuten ge-
nnt hatte, wurde das Wasser dagegen gespritzt, und die Lö-
ung schnell mit 5 Eimern Wasser in drei Minuten bewerk-
ligt, obgleich die Balken 1,5 Z. tief versengt waren[1].

Gegen die Resultate dieser Versuche erklärte sich Decroi-
lles[2] deswegen, weil bei denselben nur die Oberfläche des
lzes und insbesondere die leichtverbrennlichen Substanzen in
mmen gestanden hätten, wobei allerdings nur wenig Wasser
n Löschen erfordert werde. Ganz etwas anders aber ergäbe
, wenn das Holz bis zu einer bedeutenden Tiefe verkohlt
, in welchem Falle bei weitem eine gröſsere Masse Was-
erfordert werde, eine kleinere aber leicht Vermehrung des
nnens durch Zersetzung des Wassers in seine Bestandtheile
anlassen könne. Zur Unterstützung dieser Behauptung führt
die Ergebnisse einiger Versuche an, welche zu Rouen ange-
lt wurden. Ein Künstler aus Paris wollte nämlich zeigen,
er mit einem eigenthümlichen feuerlöschenden Wasser leicht

---

1 Voigt Mag. I. 2. 120. Gren. N. J. III. 134. IV. 152. G. II. 313.

2 Ann. de Chim. LI. 27. Vergl. LIV. 104.

die gröfste Flamme unterdrücken könne, und dieses gela
wiederholt. Als aber die Commissarien zur Prüfung de
verlangten, dafs das eigends für diesen Zweck erbauet
Stroh gefüllte und mit Pech angestrichene Haus, nachc
erst stark rauchende, dann helllodernde Flamme der leicht
baren Stoffe sehr vermindert, nachher aber das Holz b
einen Zoll tief völlig verkohlt war, gelöscht würde, wa
mehr als die zehnfache Quantität seines vorher gebr
Löschwassers an, und dennoch brannte das Haus vö
v. Marum hat sich gegen diese Einwürfe vertheidigt, u
zuthun gesucht, dafs in seinen wiederholten Versuche
blofs die leicht verbrennlichen Substanzen vom Feuer e
gewesen, sondern auch das Holz bis zu einer bedeutende
verkohlt worden sey, welchen Einwendungen Decroi
die seinigen wieder entgegengesetzte; kurz der Streit
nicht ohne Leidenschaftlichkeit geführt, die Sache selb
nicht zur endlichen Entscheidung gebracht, welches dü
nige eben so leichte als entscheidende Versuche ohne S
rigkeit zu erreichen war. Decroizilles leugnete näml
Resultate der Versuche v. Marum's nicht, welche in I
und in Deutschland so viel Aufsehen erregt hatten, beh
aber, vollkommen glühende Kohlen oder völlig verkohlte
könnten nicht mit so wenigem Wasser gelöscht werden,
Marum gefunden haben wollte, und hierin hatte er wol
Zweifel schon in sofern Recht, als völlig verkohlte unc
ihr Innerstes glühende Balken sich durchaus voll Wasser
müssen, wenn nicht die Hitze aus dem Innern das äufs
netzende Wasser verdampfen und die Entzündung aufs N
ginnen soll. Die ganze Sache kam also auf die Entsch
der Frage an: *Wie viel Wasser eine vollkommen gl
Kohle zum sicheren Verlöschen bedürfe.* Da mir kein
suche hierüber bekannt sind, so beschlofs ich selbst ein
zustellen, welche zwar in Beziehung auf Feuersbrünste n
näherte Resultate geben, im Ganzen aber zur Entscheidu
Sache dienen können. Bei wirklichen Feuersbrünsten n
sind die Bedingungen nachtheiliger, als im Experimente,
dort die glühenden Kohlen oft auf und neben glühenden S
oder auf dem stark erhitzten Boden liegen, deren nachh
Hitze einen Theil des Wassers verdampfen und das Glühe
der Löschung wieder herbeiführen kann. Die folgenden

sind die Extreme einer Reihe von Versuchen, welche
am einfachsten zur Entscheidung der Sache zu führen schei-
. Ich nahm vollkommen glühende Kohlen von etwa 1 Zoll
k, 2 Zoll breit und 3 bis 4 Zoll, auch noch wohl etwas dar-
, lang, mit einer Zange schnell aus dem Feuer, blies die
hängende Asche ab, und löschte sie mit einer gewogenen
ität reinen Wassers aus, ehe die ohnehin schmalen Enden
Zange sie merklich abkühlen konnten. Weil ich hierbei
n Tropfen des gebrauchten Wassers verlor, so gab der Un-
hied einer vorher und nachher angestellten Wägung genau
Menge des zum Auslöschen erforderlichen Wassers. Das
schen geschah theils so, daſs die gebrauchten Kohlen zwar
it noch heiſs blieben und dampften, jedoch waren sie ent-
r so stark benetzt, daſs man sie mit dem Finger auswärts
ren konnte, und sie sich zuverlässig nicht wieder durch
eigene Hitze und ohne einen von Auſsen einwirkenden glü-
en Körper entzündet haben würden, oder sie blieben noch
iſs, daſs man sie nicht berühren konnte, und sie sich in
ge auf einem heiſsen Boden aufgehäuft vermuthlich oder
sicher wieder selbst entzündet haben würden, obgleich sie
en Augenblick und der kalten Luft ausgesetzt völlig erlo-
n waren und blieben. Den Bedarf des Wassers für den er-
Fall nenne ich den gröſsten, für den letzteren den kleinsten.
dem die Kohlen völlig erkaltet waren und sich im Wasser
vollgesogen hatten, wodurch nach Messungen sowohl als
der Art des Experimentes gemäſs sich ihr Volumen nicht
n konnte, so senkte ich sie in Wasser herab, und bestimmte
ei den Gewichtsverlust. So wie nun jenes obere Gewicht
Volumen des zum Auslöschen der Kohlen erforderlichen
sers angiebt, so ist das letztere dem Volumen der Kohlen
chfalls direct proportional. Für das Maximum betrug das
icht des Wassers 11,58 Grammes, das der Kohle 45,45;
das Minimum jenes 9,89 des Wassers und 52,86 der Kohle,
chen welchen beiden Resultaten alle die aus anderen Ver-
en erhaltenen in der Mitte lagen. Hiernach also bedürfen
g glühende Kohlen zum Auslöschen in Maximo $\frac{1158}{4545}$ oder
$\frac{1}{4}$, in Minimo aber $\frac{989}{5286}$ oder nahe $\frac{1}{5}$ ihres Volumens an
ser. Man darf hiernach also annehmen, daſs im Mittel etwa
fünfte Theil des Volumens der durchaus glühenden Kohlen
Vasser erforderlich ist, um sie vollständig auszulöschen.

Wenn gleich diese Resultate sehr entscheidend für d
hauptung von Decroizilles sprechen, so ist doch z
wohl zu berücksichtigen, dafs die Feuerlöschung in vorko
den Fällen der Regel nach nicht dann anfängt, wenn e
deutende Menge des Holzes völlig verkohlt ist, denn alsdan
das Haus schon in sich selbst zusammengestürzt zu sey
Löschung wird überflüssig und die Aufmerksamkeit ist
darauf gerichtet, die weitere Verbreitung des Feuers zu
ten. Meistens beginnt vielmehr die Feuerlöschung dan
wird am ernstesten betrieben, wenn die leicht brennbar
chen in hellen Flammen stehen, und dafs für diese Fälle d
geln v. Marum's gelten, geht sowohl aus dessen eigene
suchen hervor, als auch aus denen, welche Decroizill
nen entgegengestellt hat. Man kann diesemnach als siche
gel annehmen, dafs die Quantität des erforderlichen Was
viel gröfser seyn mufs, je tiefer und allgemeiner das Ho
der brennenden Gebäude bereits verkohlt ist. Im Allgei
ist es ferner gewifs richtig, dafs ein Feuer in seinem Be
durch eine zweckmäfsig angebrachte geringe Quantität
leicht gelöscht werden kann. Auf diesen Grund und die
tate der Versuche ist denn auch Parrot's[1] Vorschlag g
sich zum Löschen des Feuers gemeiner Besen mit nassen T
umwickelt und an langen Stäben befestigt zu bedienen,
in geeigneten Fällen ganz nützlich sind, im Allgemeine
die Feuerspritzen und sonstigen Löschapparate nicht e
können, und überhaupt wegen ihrer nicht überall pafs
im Ganzen aber unbeholfenen Länge von 8 bis 15 F. scho
ches wider sich haben. Ich möchte hier des praktischen
zens wegen überhaupt noch in Erinnerung bringen, dafs
ches Unglück durch Feuer angerichtet wird, welches durch
Besonnenheit und Benutzung der unmittelbar zur Hand sey
Mittel hätte verhütet werden können. Oft läfst sich ei
ginnender Brand in einem Zimmer z. B. durch eine e
Flasche Wasser im Entstehen unterdrücken, und aufserd
es nicht blofs Wasser, welches brennende Gegenstände
sondern die letzteren können nicht weiter brennen, wen
sie sofort nur mit beliebigen Substanzen völlig überdeckt.
che Mittel könnten oft namentlich dann angewandt w

1 Entretiens sur la Physique Dorp. 1820. III. 172.

man Damen ihre eigenen Kleider am Camine anzünden und in mchen ähnlichen Fällen. *M.*

Feuerkugel.

lis, globus ardens; Bolide, Globe de feu; *Fire* . So nennt man diejenigen Meteore, die zuweilen plötz- entstehend, einer feurigen Kugel gleichend, durch die Luft en. Man nannte sie ehemals auch feurige Drachen, flie- de Drachen, und machte sich sonderbare Vorstellungen von n.

Beobachtungsmethode und Berechnung ihrer Lage.

Da die Feuerkugeln gewöhnlich nur Nachts und bei heite- Himmel gesehen werden, so bestimmt man ihren scheinba- Ort am besten nach den Sternen, bei welchen sie vorbei- en. Wer sich das Verdienst erwerben will, Beiträge zu wichtigen Entscheidung der Frage, in welchen Höhen die erkugeln entstehen und fortziehen, zu liefern, der muſs Aufmerksamkeit auf diese Bestimmung des scheinbaren s sogleich, indem er die Erscheinung sieht, richten. Sind e Wolken am Himmel, und kennt man die Sternbilder zu- end, so kann man den ganzen Weg von Stern zu Stern ver- n, welchen die Feuerkugel durchläuft; und obgleich dieses bei sehr guter Sternkenntniſs, wegen der Schnelligkeit des rückens nicht ganz leicht ist, so kann es doch meistens ge- genug geschehen, um die Höhe zu bestimmen, wenn von reren nicht zu nahen Orten Beobachtungen verglichen wer- können. Ist der Himmel nicht wolkenfrei, so daſs man die erkugel nur zwischen Wolken hervorkommen sieht, oder nt der Beobachter nicht Sterne genug, um den Weg der erkugel mit Hülfe der Sterne anzugeben, und in die Stern- ten einzuzeichnen, oder erscheint die Feuerkugel am Tage, nuſs man sich, um ihren scheinbaren Ort, so gut es dann lich ist, anzugeben, den Ort, wo man sich selbst befindet, u bemerken, und sich den Gegenstand merken, vertical r welchem die Erscheinung in ihrem Anfangs- oder End- ncte stand; kehrt man dann mit einem Compaſs oder Winkel- sser zu eben dem Orte zurück, so kann man das *Azimuth*

in welchem man die Erscheinung wahrnahm, sicher bestin in Hinsicht auf die scheinbare Höhe wird man sich in d Falle oft mit unsicherer Schätzung begnügen müssen, di jedoch auch berichtigen kann, wenn man an demselben I ein Winkel-Instrument nach der Höhe richtet, wo ma weit die Erinnerung es anzugeben verstattet, die Ersche gesehen hatte. Die gewöhnlichen Angaben, die die Hö Feuerkugeln nach Häuserhöhen, ihre Gröſse nach Fuſsen u Länge ihrer Schweife nach Vergleichung mit der Länge Straſse oder dergleichen bestimmen, sind eben so lächerli Unwissenheit verrathend, als sie nutzlos sind. Wenn m zwei Orten hinreichend genaue Beobachtungen hat, nach chen Richtungen in Beziehung auf den Horizont das Phä gesehen worden ist, so kann man den Ort angeben, wo Zenith gestanden hat. Zu diesem Zwecke nimmt ma Landcharte, auf welcher sich jene zwei Beobachtungsort ziemlich entfernt von einander seyn müssen, befinden, un von jedem derselben, Linien in der Richtung gegen den dian, welche, der eine und der andere Beobachter als A des Phänomens angegeben haben. Der Punct, wo dies auf der Landcharte schneiden, bezeichnet den Ort, wo d scheinung im Zenith stand, und wenn einer der Beobacht gleich die scheinbare Höhe angegeben hat, so kann m wirkliche Höhe über der Erde gleichfalls finden. Mit einfachen Bestimmung muſs man sich oft begnügen, we Beobachtungen keine groſse Genauigkeit gestatten.

Die genauere Berechnung der Höhe läſst sich auf fol Weise erhalten, wenn der scheinbare Ort am Himmel vo ziemlich weit von einander entfernten Beobachtern mit chender Genauigkeit angegeben ist. Die Angabe wird am besten mit Hülfe der Sterne gemacht werden, und ma daher die gerade Aufsteigung und Abweichung des Punct das Meteor erschien, kennen; man muſs aber auch die Zei lichst genau kennen, um die Stellung der Sterne gegen de ridian für den gegebenen Augenblick richtig zu wissen. Stellung der Himmelskugel kennt man, indem man die Aufsteigung des Meridians oder der Mitte des Himmels welche durch Bestimmung der Zeit, die man leicht auf St zurückführt, erhalten wird.

Wenn man den scheinbaren Ort durch die gerade

ung und die Abweichung angegeben hat, so erhält man aus Rechnung sogleich den Ort der Feuerkugel in geographi- Länge und Breite. Die beiden durch beide Beobachtungs- gelegten, auf die Ebene des Aequators senkrechten Ebe- deren Richtung durch die Rectascension bestimmt wird, nämlich einen Durchschnitt, welcher die geographische des Ortes, wo die Erscheinung im Zenith stand, be-

PMN stelle die Erde, A den einen, B den andern Beobach- vor, X sey das beobachtete Meteor. Da NQM die des Erd-Aequators vorstellt, und APC, BPC Ebenen echt auf den Aequator durch jeden der beiden Orte gelegt, len a, b, die Projectionen beider Beobachtungsorte, x die tion des Meteors auf die Ebene des Aequators vor, indem Bb, Xx, Linien senkrecht auf den Aequator sind. Hier t man leicht, dafs aCb der Längenunterschied beider chtungsorte ist, und dafs die Linien ax, bx eben die el mit Ca, Cb, machen, welche der Beobachter als Unter- d der Rectascension seines Meridians und des von ihm gese- n Meteors aufgezeichnet hat; denn alle Puncte der Ebene x erscheinen dem Beobachter in A unter gleicher gerader teigung, und PAaC ist die Ebene seines Meridians. Es nun A′ die gerade Aufsteigung des Meridians im Puncte B eit der Beobachtung, a′ die scheinbare Rectascension des ors für B, so ist $xbL = a' - A'$, und wenn die geographi- Breite des Ortes $B = B'$, der Abstand derselben vom Cen- er Erde $= R'$ ist, $Cb = R' \operatorname{Cos} B'$; $Bb = R' \operatorname{Sin} B'$. Ha- A″, a″, B″, R″ eben die Bedeutung für den Punct A, so A″ — A′) der Längenunterschied beider Orte und man hat Fig. 40.

$$Cx = \frac{Cb . \operatorname{Sin}(a' - A')}{\operatorname{Sin} bxC}, = \frac{Ca . \operatorname{Sin}(a'' - A'')}{\operatorname{Sin} axC};$$

wenn x die Rectascension der Mitte des Himmels für die e Xx, oder $x - A' = xCb =$ dem geographischen Län- terschiede der Orte X, B, ist, also $xCa = x - A'$, so er- man

$$\frac{R' \operatorname{Cos} B' . \operatorname{Sin}(a' - A')}{\operatorname{Sin}(a' - x)} = \frac{R'' . \operatorname{Cos} B'' . \operatorname{Sin}(a'' - A'')}{\operatorname{Sin}(a'' - x)},$$

daraus

$$\operatorname{Cos} x . R' \operatorname{Cos} B' . \operatorname{Sin}(a' - A') - \operatorname{Sin} a' \operatorname{Cos} x . R'' \operatorname{Cos} B'' \operatorname{Sin}(a'' - A')$$
$$a'' \operatorname{Sin} x . R' \operatorname{Cos} B' \operatorname{Sin}(a' - A') - \operatorname{Cos} a' \operatorname{Sin} x . R'' \operatorname{Cos} B'' . \operatorname{Sin}(a'' - A'');$$

also

$$\text{Tang}\,x = \frac{R'\,\text{Cos}\,B'\,\text{Sin}\,a''\,\text{Sin}\,(a'-A'') - R''.\,\text{Cos}\,B''\,\text{Sin}\,a'\,\text{Sin}\,(a''\cdot}{R'\,\text{Cos}\,B'\,\text{Cos}\,a''\,\text{Sin}\,(a'-A') - R''.\,\text{Cos}\,B''\,\text{Cos}\,a''\,\text{Sin}\,(a''}$$

Da hiermit der Längenunterschied zwischen dem Orte de teors und dem einen oder andern Beobachtungsorte gegel so kennt man alle diejenigen Orte, denen das Meteor im M erschien.

Um auch die geographische Breite des Ortes, wo Zenith erschien, zu finden, ziehe ich B v mit b x, A w parallel, also beide mit der Ebene des Aequators paralle nun ist $XBv = b'$, die scheinbare Declination des Met B, weil die Linie B v nach Puncten im Aequator des H zu geht; eben so $XAw = b''$ die scheinbare Declinatio In dem auf dem Aequator gezeichneten Dreiecke b C x is

$$bx = \frac{Cb.\,\text{Sin}\,xCb}{\text{Sin}\,Cxb} = \frac{R'.\,\text{Cos}\,B'\,\text{Sin}\,(x-A')}{\text{Sin}\,(a'-x)}$$

und eben so $ax = \dfrac{R''.\,\text{Cos}\,B''\,\text{Sin}\,(x-A'')}{\text{Sin}\,(a''-x)}$,

zugleich aber ist $ax = Aw$ und $bx = Bv$,
$wX = Aw.\,\text{Tang}\,b''$; $vX = Bv.\,\text{Tang}\,b'$,

also $xX = R'.\,\text{Sin}\,B' + \dfrac{R'\,\text{Cos}\,B'\,\text{Sin}\,(x-A')\,\text{Tang}\,b'}{\text{Sin}\,(a'-x)}$

und Tang X C x = Tang der geographischen Breite des Or das Meteor im Zenith stand

$$= \frac{xX}{Cx} = \frac{\text{Tang}\,b'.\,\text{Sin}\,(x-A') + \text{Tang}\,B'.\,\text{Sin}\,(a'-x)}{\text{Sin}\,(a'-A')}$$

$$\text{oder auch} = \frac{\text{Tang}\,b''.\,\text{Sin}\,(x-A'') + \text{Tang}\,B''\,\text{Sin}\,(a''-x)}{\text{Sin}\,(a''-A'')}$$

Dieser doppelte Werth entsteht daher, weil vier gegeben stimmungen, zwei Rectascensionen und zwei Declin mehr als zureichend sind, um die drei gesuchten Stücke g phische Länge und Breite des Ortes, wo das Meteor im stand, und Höhe des Meteors zu bestimmen. Jene d Bestimmung für y oder die geographische Breite kann e maſsen als Versicherung über die Zuverlässigkeit der Beo tung dienen: denn wenn beide Werthe auffallend versch wären, so könnte man der Beobachtung nicht viel Ver schenken. Aus dem bisherigen findet man nun auch die

ung vom Mittelpuncte der Erde $CX = \rho = \frac{Cx}{\text{Cos}\, y}$

$$= \frac{R' \,\text{Cos}\, B' . \text{Sin}\,(a' - A')}{\text{Cos}\, y . \text{Sin}\,(a' - x)}.$$

Es ist zuweilen angenehm, auch die Entfernung von bei- Beobachtern zu bestimmen, indem sich darnach entscheiden , welcher von beiden die Erscheinung am gröſsten sehen te. Man findet aber

$$BX = Bv . \text{Sec} . b' = \frac{R' \,\text{Cos}\, B' \,\text{Sin}\,(x - A')}{\text{Cos}\, b' . \text{Sin}\,(a' - x)};$$

$$AX = \frac{R'' \,\text{Cos}\, B'' \,\text{Sin}\,(x - A'')}{\text{Cos}\, b'' . \text{Sin}\,(a'' - x)}.$$

Formeln bestimmen alles, was man zu wissen verlangt; sie geben nicht ganz bestimmt den Grad der Zuverlässig- der Beobachtungen an. Wenn die Beobachtungen ganz ommen genau wären, so schnitten AX, BX sich wirklich m Puncte, wo das Meteor lag, und beide Werthe von y n strenge mit einander übereinstimmen; aber so genau die Beobachtungen vielleicht nie, und indem jeder der bei- eobachter eine etwas verschiedene Richtungslinie angiebt, genau nach dem Meteor gezogene, so schneiden diese Richtungslinien sich in den meisten Fällen gar nicht. ich nun aus zwei nicht genauen Beobachtungen sich über- keine scharfen Resultate erhalten lassen, so setzt man mit der meisten Wahrscheinlichkeit den wahren Ort des ens dahin, wo die zwei angegebenen Gesichtslinien ein- am nächsten kommen, und der kleinste Abstand beider zugleich an, wie viel ungefähr die Beobachtungen fehler- wesen seyn mögen; denn obgleich auch durch Zufall selbst aft angegebene Gesichtslinien nahe an einander vorbei und einander in einem Puncte am nächsten seyn kön- der nicht eben der ist, wo das Meteor sich befand, so ist die Wahrscheinlichkeit immer dafür, daſs der Punct der n Nähe beider Linien nahe mit dem Puncte zusammen- t, auf welchen die Beobachtung gerichtet war, und daſs ahes Zusammentreffen Folge der Richtigkeit der Beobach- ist. Da ich die allgemeine Bestimmung dieses Punctes des sten Abstandes beider angegebenen Gesichtslinien anderswo

ausführlich mitgetheilt habe[1], so will ich hier nicht da weilen.

Genauere Beschreibung der Erscheinu

Die Nachrichten von einzelnen Feuerkugeln sind reich, dafs es unmöglich ist, von allen merkwürdigen I tungen hier etwas mitzutheilen; ich setze nur einige d tigsten bekannten Beobachtungen hierher, um zu zeige che Erscheinungen die Feuerkugeln darbieten. 1676 März anderthalb Stunden nach Sonnenuntergang ward Dalmatien her, über das Adriatische Meer, über Ital und in der Richtung nach Corsica gehende Feuerkugel i und Deutschland beobachtet. Man hörte bei ihrem F ein zischendes Geräusch, und bei ihrem Zerspringen ihrem Eintauchen in das Meer ein Getöse, wie von W auf Steinpflaster fahren. Alle Gegenstände wurden, Tage, erleuchtet; die Kugel zeigte sich so grofs als c mond mit einem zugespitzten Schweife, der anfangs rot her blau war. Die Höhe ist, so gut es die Beobachtu laubten, zu 38 italien. Meilen angegeben, die Höhe v wie Chladni bemerkt, wahrscheinlich gröfser. Die G digkeit ward zu 2⅗ italienische Meilen in der Secunde ben, und ihre Richtung war, wie Halley bemerkt Richtung der Bewegung der Erde in ihrer Bahn entgege

Die am 19. Juli 1686 in Sachsen von Kirch be Feuerkugel, deren Höhe Halley, auf Beobachtungen zig und Schleitz gestützt, zu 30 englischen oder 7 bi schen Meilen angiebt, scheint sich dadurch ausgezei haben, dafs sie ihren Ort nicht viel veränderte, obgl Minuten sichtbar blieb. Halley bemerkt indefs[3], se Kirch's eigenen fernern Angaben sey sie nicht vol ruhend erschienen. Diese geringe Bewegung mufste w kommen, dafs sie ziemlich genau die Geschwindigkei Erde selbst hatte, und daher als relativ ruhend erschie

Die Feuerkugel, von welcher Halley die Beoba

---

1 Brandes's Unterhaltungen für Freunde der Physik u nomie. Leipzig 1826. 1. Heft.

2 Phil. Tr. Vol. XXIX. p. 161.

3 Ebend. p. 163.

gesammelt hat, 1719 am 19. März, soll fast der Sonne gleich geleuchtet haben; sie selbst hatte ein weifses, der Schweif ein rothes Licht. Nach dem Erlöschen, das mit zwei Explosionen begleitet war, blieb ein helles Wölkchen und ein Lichtstreif zurück. Nach HALLEY's Berechnung war sie über Worcester 16 deutschen Meilen Höhe, und ging 5 engl. Meilen in einer Secunde von Nord gen Ost gegen Süd gen West fort[1].

Die am 11. Dec. 1741 im südlichen England erschienene Feuerkugel ist vorzüglich dadurch merkwürdig, dafs sie bei hellem Sonnenschein um 1 Uhr Mittags gesehen wurde. Ihr Licht wird von dem einen Beobachter wie eine feurige Kohle, MILNER dagegen, der in allen seinen Ausdrücken am meisten Sachkenntnifs zeigt, völlig so hell als der Mond erscheint, wenn man ihn mit der Sonne zugleich am Himmel sieht, beschrieben. Sie erschien in Peckham etwas gröfser als der Vollmond, bewegte sich nicht ganz so schnell als die Sternschnuppen zu gehen pflegen; sie liefs einen Schweif zurück, der weifser, als die Feuerkugel selbst, erschien, und dieser war anfangs schmal, an beiden Enden zugespitzt, aber nach und nach wurde er breiter und nach 20 Minuten zeigte sich dieser Ueberrest der Erscheinung ganz einer hellen, dünnen Wolke gleich, die etwa zweimal so breit als zu Anfang war und etwas höher über dem Horizonte stand, als gleich nach dem Verschwinden der Kugel. Die Feuerkugel selbst ging von Südwest nach Nordost, ihr Weg ging östlich an der Insel Whight vorbei, ungefähr über die Gegend von Canterbury. Ihre ganze Dauer wird zu 4 Sec. angegeben; sie verschwand mit einem sehr heftigen, doppelten Knalle, von welchem in einigen Gegenden der Grafschaft Sussex und in Canterbury die Häuser erbebten, und dieser Knall scheint nicht bis London hin und nicht bis zur Insel Whight hörbar gewesen zu seyn[2].

Am 26. Mai 1751 um 8 Uhr Abends erschien im Agramer Comitate eine Feuerkugel, aus welcher zwei Eisenmassen herabfielen, deren eine noch jetzt in Wien aufbewahrt wird. Da sie FEDER etwa 30 Grade hoch in Neustadt an der Aisch gesehen worden ist, so mufste sie gegen 30 bis 40 deutsche Meilen hoch

---

1 Phil. Tr. XXX. 978.
2 Phil. Tr. for 1741. p. 870. 1742. p. 1. 188.

seyn. Sie zersprang mit Krachen, wobei Erschütteru Verbreitung von Rauch bemerkt ward[1].

1758 am 26. Nov. Abends um 8 Uhr erschien in E eine merkwürdige Feuerkugel. PRINGLE hat die Beobach gesammelt und auf eine sehr passende Weise zusammeng und obgleich nicht alle ganz in Uebereinstimmung sind, s man doch folgende Angaben, als im Wesentlichen allen achtungen entsprechend ansehen. Das Meteor mufs in der (von Cambridge zuerst entstanden, oder leuchtend ge seyn. Dort sah man eine in weifsem Lichte ungemei glänzende Kugel, etwa halb so grofs im Durchmesser Mond gegen Nord-Nordwest fortziehen. Als die Kuge 6 oder 7 Grade vom Horizont war, schien der Schweif z bersten, wobei das Licht blendend wurde: darauf versc der Schweif und drei Sterne, die der Kugel folgten, : sich. Der Glanz war so grofs, dafs man eine auf der Er gende Nadel hätte sehen können. Die Beobachtungen au chester und Cockermouth in Cumberland bestätigen dies stände. In Carlisle sah man keine abgesonderte Kugel, s die ganze Masse scheint, als sie in diese Gegend gelangt gelförmig, hinten zugespitzt, gewesen zu seyn. Auch l schien sie in dem hellsten Glanze. Aus dem hintern des Meteors hat man hier, so wie in Newcastle, Ducham, fries, Funken hervorkommen gesehen, die nach einigen richten sich beim Herabfallen zerstreuten. Eine Minut dem Verschwinden (die Zeitbestimmung ist nicht ganz gle den Beobachtern) hörte man in Carlisle zwei Explosionen nach einander, welche Kanonenschüssen aus ¼ deutsche Entfernung gehört, ähnlich waren. Diese Explosion bes ein Beobachter, der 15 engl. Meilen nordöstlich von war, als ein furchtbares Krachen, lauter als der stärkste nen-Knall, und sagt, dafs dieses 7 bis 8 Sec. dauerte. rend des Fortziehens der Kugel wollten einige Beobacl Zischen gehört haben, da aber andere an eben den O nicht hörten, so hält PRINGLE dieses für Täuschung den noch nördlichern Gegenden, namentlich aus Stitch deutsche Meilen nordnordöstlich von Carlisle wurde b

1 v. ENDE über Massen und Steine, die aus dem Mond Erde gefallen sind. Braunschweig 1808.

man eine ungemein leuchtende Erscheinung gesehen und her einen lauten Donner gehört habe, aber einen eigentn Körper, der das Licht aussendete, habe man nicht gese-. Pringle glaubt daher, daſs, nachdem das Meteor zwi-Carlisle und Dumfries hin gezogen war, es einige Meidlich von Douglas die Veränderung erlitten hatte, welche Beobachter als ein Abbrechen des Schweifes beschrieben, welchem Funken hervorbrachen. Der Haupttheil, in den die Ueberreste des Schweifes sammelten, ging dann bis Fort William, und bei Inverneſs muſs das Meteor nach Laufe von 400 englischen (90 bis 100 deutschen) Meilen hwunden seyn. Dennoch scheint dasselbe, obgleich es hier hen war, fortgezogen zu seyn und sich noch einmal leuchgezeigt zu haben; denn in 58 Grad Breite an der West- der Grafschaft Roſs sah man es recht glänzend, doch der Sonne gleich, nach Süden fortziehen (der vorigen ung entgegen); das Licht glich dem Lichte des brenen Weingeistes, die Kugel erschien hier ohne Schweif, lieſs Funken von verschiedener Gröſse und Farbe herabfallen. Die Beobachtungen zeigten, daſs es oberhalb Cambridge is 23 deutsche Meilen hoch war, oberhalb Fort William 6 bis 8 deutsche Meilen. Die Geschwindigkeit des Meteors e über 6 deutsche Meilen in der Secunde seyn[1].

Die am 10. Juli 1771 im nördlichen Frankreich erschienene kugel ist von Le Roy umständlich beschrieben[2]. Um Uhr Abends zeigte sich dieses Meteor anfangs wie eine Sternschnuppe, aber allmälig sah man es, der Annäherung , gröſser; es bewegte sich ungemein schnell und stark gedie Erde geneigt; seine Form, die anfangs kugelförmig war, nachher in die Form eines Glastropfens über, und dabei der Glanz von der blendendsten Weiſse. Der Haupttheil Meteors war mit Funken umgeben, und der mit Roth umene Schweif zeigte sich mit Regenbogenfarben übersäet. Als Kugel sich schon nicht merklich fortbewegte, nahm sie eine iger längliche Form an, und schien in der Mitte zu kochen; uf zersprang sie und zertheilte sich in eine Menge Funken, so glänzend waren, daſs mehrere Personen es nicht ertragen

1 Phil. Transact. Vol. LI. for the Year 1759. p. 218. 259.

2 Hist. et Mém. de l'acad. des sc. à Paris pour 1771. p. 670.

konnten, sie anzusehen. Die ganze Dauer der Ersch wurde in Paris nur auf 4 Secunden geschätzt, doch hatt den Anfang dort nicht beobachtet. Zwei Minuten nacl Zerspringen hörte man einen Knall, den einige einem er ten Donner verglichen, andere dem Rasseln schwer bel Wagen auf einem Steinpflaster, andere einem einstürz Hause. Gegen Melun zu war dieser Knall stärker und ma terschied noch einen zweiten schwächeren. An einigen der Stadt empfand man bei dem Knalle zugleich eine Er terung. Eben dieses Meteor war von Amiens, Dieppe, I bis nach Limoges, Lyon, Dijon und selbst in Sarlat a Dordogne beobachtet worden, und den Knall hatte ma Rouen und Amiens bis südlich von Paris gehört, also durc Gegend, die 15 bis 20 deutsche Meilen im Durchmesser ha Roy schliefst aus den gesammelten Beobachtungen, da Meteor zuerst sich in England mufs gezeigt haben, und Hornsby's Bericht war es auch in der Gegend von O so grofs als der Mond im Durchmesser und mit einem Sch gesehen worden. Da es dort südöstlich erschien, so be diese Beobachtung Le Roy's Meinung, dafs es von der G der Grafschaften Sussex und Surrey über den Canal herüb und von Nordwest ¼ Nord her ungefähr auf Paris und Mel seine Richtung nahm. Der Punct seines Zerspringens i einige Meilen südsüdöstlich von Paris liegen, etwa 1½ von Melun. Die Berechnung der Beobachtungen, welc Roy mit grofsem Fleifse gesammelt hat, ergab, dafs die F kugel zuerst über 41000 Toisen (über 10 deutsche Meilen) war, bei der Explosion aber sich bis zu 20600 Toisen (5 sche Meilen) herab gesenkt hatte, und bei dieser Höhe l sie sehr gut durch fast ganz Frankreich sichtbar seyn.

Die ganze Dauer des Erscheinens glaubt le Roy doch auf mehr als 10 Secunden setzen zu können und in diese durchlief das Meteor etwa 45 deutsche Meilen, 4 bis 5 l in der Secunde. Die Kugel mufste, wenn man auch nur rechnet, über 1000 Fufs Durchmesser haben; aber dafs davon auf die Erde gefallen wäre, davon sagt keine Be tung etwas.

Ueber eine andere Feuerkugel, die am 18. Augus in England erschien, hat Blagden die Beobachtungen g

1. Diese Feuerkugel wurde von den Shetländischen Inseln nach Frankreich und den Niederlanden beobachtet, und eine hricht gab an, daſs sie sogar in Rom gesehen wäre. Man sie in Aberdeen und zu Blair in Athol von Norden her herteigen, und die Beobachtungen ergeben, daſs sie schon dlich von der nördlichsten Küste Schottlands entstand; sie g etwas westlich von Perth und etwas östlich von Edinburgh bei, über die westlichen Gegenden von Northumberland, rch die Mitte von Yorkshire etwas westlich von York. Bis hin ging sie beinahe genau nach Südsüdost fort: aber etwa der Grenze von Yorkshire und Lincolnshire nahm ihre Bahn e etwas mehr östliche Richtung, und sie selbst scheint bei ser Aenderung der Richtung auch eine Explosion oder ein rbersten erlitten zu haben. Anfangs nämlich hatte sie sich gelförmig, alsdann etwas elliptisch und geschweift gezeigt; ch dem Zerbersten ging sie nicht mehr als *eine* Masse fort, ndern als eine Menge von Kugeln, von ungleicher Gröſse, e jede einen Schweif hinter sich zogen; auf diese Weise sah n das Meteor mit ungemeinem Glanze alle Gegenstände erchtend, fortziehen, bis man es in England der Entfernung gen aus den Augen verlor. Diese Sammlung kleiner Meore scheint südöstlich über Cambridgeshire und die Grenzen n Suffolk fortgegangen zu seyn, dann aber der frühern Richng gemäſs über Essex und den Canal sich bewegt zu haben. e Küste von Frankreich muſs das Meteor in der Gegend von nkirchen erreicht haben, indem man es dort sowohl als in lais und Ostende nahe am Zenith sah, und so setzte es seinen Veg noch weiter fort, worüber aber die genaueren Nachrichn fehlen. Dieses merkwürdige Meteor durchlief also 13 bis l Breitengrade, also 200 deutsche Meilen. Das Ansehen des eteors war veränderlich, so daſs Aubert es nicht für einen sten Körper hielt, und sich darin auch durch die, anscheinend was wellenartig gekrümmte Linie seines Laufs bestärkt fand. er Schweif blieb nicht immer gleich, und auch die Hauptasse war zuweilen rund, zuweilen elliptisch und zuweilen nten spitz zulaufend. Der Schweif schien bei diesen und anrn Meteoren zum Theil aus eben der Materie, wie die uptmasse oder der Kern zu bestehen, der übrige, gröſsere

1 Phil. Transact. for 1784. p. 201. 112.

Theil sah aber so aus, als ob er aus dünner zertheilten d
artigen Theilen bestände. Auch die Farbe des Meteors
veränderlich, aber so sehr bläulich, daſs ein Beobachte
Mond dagegen als in rothem Lichte erscheinend angab.
Feuerkugel schien kurz vor dem Zerspringen aus hellern
dunklern Theilen zu bestehen, von denen man zu beme
glaubte, daſs sie in steter Agitation wären. Die Bestimmu
der Höhe scheinen mit vieler Sicherheit zu ergeben, daſs
Feuerkugel ihren ganzen Weg in einer ziemlich gleichen I
von 60 englischen (15 deutsche) Meilen über der Erde du
lief. Auch bei diesem Meteore hörte man an einigen Orten
nen Knall, und nach Blagden's Meinung mochte wohl bei
ersten Explosion ein Knall statt gefunden haben, und nac
ein zweiter. Den Durchmesser berechnet Blagden zu ½ e
Meilen oder 2500 Fuſs, gesteht aber, daſs diese Bestimm
unsicher sey, weil Beobachter, deren Standpunct sich in
ungleichen Entfernungen von dem Meteor befand, die sch
bare Gröſse dem Durchmesser des Mondes gleich angeben,
daſs der groſse Glanz der Feuerkugel mehr als der eigentl
Sehewinkel die Angabe der scheinbaren Gröſse bestimmt zu
ben scheint. Ueberhaupt ist es gewiſs, daſs die Schätzung
Gröſse leuchtender Körper groſser Unsicherheit unterworfen
denn wer würde nicht die Breite der Blitzstrahlen, die
Nachts in 2 Meilen Entfernung sieht, wohl auf 2, 3 und
Minuten schätzen? — und doch würde ein Blitz von 3 Min
scheinbarem Durchmesser in 2 Meilen Entfernung 40
Durchmesser haben müssen, was gewiſs nicht der Fall ist.
Dauer dieser Feuerkugel war ungewöhnlich lange; Hersc
der die Erscheinung erst gewahr ward, als die Kugel sich s
in mehrere kleine zertheilt hatte, sah sie 40 bis 45 Secu
und zuletzt fast in demselben Puncte des Himmels still steh
als sie ihrer Entfernung halber den Meisten schon unsich
geworden war. Sie mochte also ihren ganzen Weg von
Meilen in 1 Minute zurücklegen.

Die Höhe der am 8. März 1798 in Genf, Lausanne
Chambery beobachteten Feuerkugel, die auch in hellglänz
Funken sich zertheilte, konnte nach Prevost's Berech
aus ziemlich mittelmäſsigen Beobachtungen nicht viel üb
Lieues betragen. Die Feuerkugel am 23. Oct. 1805 zeicl
sich durch die sehr lange Dauer ihres Schweifes aus.

Die Dauer der Feuerkugel selbst, die übrigens nicht zu n ungemein grofsen gehörte, setzt Schröter auf 3 bis 4 Se- den[1], aber nach dem Verschwinden blieb ein heller Licht- if sichtbar, von welchem Schröter sagt, er habe sich meh- Minuten lang in gerader verticaler Linie völlig fest stehend igt; demnächst aber habe er angefangen, eine veränderliche enförmige Linie zu bilden, welche immer stärker gekrümmt de; nach etlichen Minuten Zeit habe der Schweif, als ob sanfter Windzug ihn gegen Süden fortdrängte, etwas unter- seiner Mitte, eine fast halbrunde, mit der convexen Seite h Süden gerichtete Beugung angenommen, welche mit der caven Seite η des Hercules in sich schloſs[2]. Diese Beu- g dehnte sich immer weiter nach Süden aus, nach 7 Mi- n war sie einem S, nachher einer 2 ähnlich; selbst nach 15 uten war noch etwas von dem Lichtstreifen, noch weiter h Süden gerückt, zu erkennen. Da meine eigene Beobach- g, so viel ich mich erinnern kann, noch nirgend bekannt acht ist, so sey es mir erlaubt, ihr hier einen Platz zu ge- , so wie ich sie damals niedergeschrieben habe. Gegen Uhr [nach Schröter war es 7^h 14'] beobachtete ich in warden 6 Meilen nördlich von Oldenburg eine leuchtende cheinung, wie ein matt glänzendes Wölkchen, unter dem fe des Ophiuchus; das Ganze bildet einen 2 förmigen Strei- der langsam gegen den Poniatowski'schen Stier fortrückte. hellste Theil stand nahe über σ des Ophiuchus. Die Er- inung verlor ihr Licht sehr langsam und noch nach 15 Minuten te ich schwache Spuren davon zu bemerken. Der hellste il, der aber jetzt matter glänzte, als vorhin der schwächste eil, stand zwischen p und o des Poniatowski'schen Stiers ein sehr matter Streif zog sich gekrümmt nach α des Ophiu- s zu. Als ich das Phänomen zuerst sah, war es den ge- hnlichen zurückbleibenden Schweifen der Sternschnuppen lich; der helle Fleck aber, der oberhalb σ etwas seitwärts h $\varkappa$ i zu stand, unterschied sich davon. Nach meiner und röter's Beobachtung, indem ich den wenig von σ ent- ten von mir beobachteten Punct als den Endpunct ansehe,

1 Gilb. XXIII. 107.

2 Diese Angabe ist gewiſs ein Druckfehler, denn η Herc. steht reit nördlich, daſs er unmöglich gemeint seyn kann.

verschwand diese kleine Feuerkugel senkrecht über der Pr Gröningen in einer Höhe von 6 Meilen, wobei freilich die sicherheit erheblich ist, da ich nicht den eigentlichen O Verschwindens gesehen hatte. Die Düsseldorfer Beobach (die nicht von BENZENBERG selbst angestellt worden) ist öff nicht genau genug, um darauf eine Berechnung zu gründe

Das am 14. Dec. 1807 Morgens in Connecticut ges Meteor war im Allgemeinen den oben beschriebenen ähn es war kaum halb so groſs im Durchmesser als der Mond, hatte einen Schweif, dessen Länge dem 10 bis 12 ma Durchmesser der Kugel gleich war. Ein Beobachter in We in dessen Zenith ungefähr das Meteor verschwand, gieb daſs das Verschwinden nicht ganz plötzlich statt fand, son ein zwar schnelles, aber doch durch merkliche Untersc fortschreitendes Abnehmen des Lichtes beobachtet wurde. ganze Erscheinung dauerte etwa 30 Secunden und 30 bi Secunden nachher hörte man einen heftigen Knall, dem eine Reihe schwächerer Detonationen folgte. Das Phän war dem Monde so ähnlich, daſs eine Dame, die es ges hatte, sagt, ihr erster Gedanke bei dieser Erscheinung sey g sen, wo denn der Mond so schnell hin wolle. Ein an Beobachter bemerkt, das Verschwinden sey mit drei hef Bewegungen, wie Sprüngen, begleitet gewesen, bei jede das Licht schwächer geworden, und beim dritten ganz versch den. Die Berechnung von BOWDITCH zeigt, daſs das M sich ziemlich parallel mit der Erdoberfläche in einer Höh 4 deutschen Meilen fortbewegte; es durchlief ein von N nach Süden gerichtete, wenig nach Westen abweichenden mit einer Geschwindigkeit von 4 Meilen in jeder Secunde.

Bei dem Erscheinen dieses Meteors fiel eine Masse, 225 Pfunde wog, aus der Luft, und nach BOWDITCH's nung konnte dieses doch nur der unbedeutendste Thei Meteors seyn, dessen Durchmesser nach den Angaben, di am kleinsten geben, gegen 500 Fuſs betragen muſste[2].

---

1 Ich hatte meine Beobachtung in der Hoffnuug, auch die herigen Aenderungen der Stellung des Schweifs zu berechnen, niedergeschrieben; aber ich habe keine andere dazu zureic Beobachtung gefunden.

2 Astronomische Zeitschrift von v. Lindenau und v. Bo berger. I. 137.

Am 15. Juni 1821 sah man bei dem Herabfallen eines Meteines von 220 Pfunden in der Nähe von Juvenas, nicht von Viviers eine Feuerkugel. Obgleich es um 3 Uhr Nachgs war, so sahen dennoch einige Beobachter die Erschei- glänzend genug, um sie als Feuerkugel anzuerkennen, auch der Knall, von welchem die Erscheinung begleitet stimmte ganz mit dem überein, was man bei Feuerkugeln chtet hat. Diese Feuerkugel liefs auf der durchlaufenen einen grauen Dunst zurück, der wie ein langes Band mit chwachen Zickzacks am Rande erschien, eine Art von , welcher die Farbe der Wolken hatte, und in so völliger war, dafs man ihn noch nach 10 Minuten wahrnahm, dafs er seine Stelle und Gestalt merklich änderte. Da es Sonnenschein war, so kann man sich leicht denken, dafs matt leuchtender Schweif, wie wir ihn aus den nächtli- Beobachtungen kennen, wohl als blofse Wolke erschei- onnte.

Die hier mitgetheilten Beobachtungen geben hinreichend ie die Feuerkugeln sich gewöhnlich zeigen. Bei einigen, bei der am 12. Nov. 1799, hat man ein Entstehen aus urchkreuzenden Lichtstrahlen beobachtet, und noch auf- er mufs ein ähnliches Hervorgehen einer Anfangs kleinen, ar bedeutend grofs werdenden Feuerkugel aus Feuerstreifen r am 23. Aug. 1812 gewesen seyn. Andere Feuerkugeln en aus einer wolkenähnlichen Erscheinung entstanden zu doch so dafs man diese Wolken nicht mit gewöhnlichen n für einerlei halten konnte [1].

ndlich mufs ich doch auch noch erwähnen, dafs man zur von Stürmen und ungewöhnlich tiefem Barometerstande mals Feuerkugeln gesehen hat, unter denen mir aber keine nt ist, die genau genug beobachtet wäre, um ihre Höhe icherheit bestimmen zu können, so dafs es zweifelhaft , ob diese Feuerkugeln mit den vorigen ganz einerlei

---

Chladni über Feuermeteore und über die mit denselben her- llenen Massen. Wien, 1819. wo man alle Nachrichten von kugeln gesammelt findet.

Brandes de repentinis variationibus in pressione aëris obser- , p. 41.

Meinungen über die Natur dieser Met

Die älteren Meinungen, daſs die aus der Erde auf den schweflichen Dünste sich entzünden und die Erscl der Feuerkugeln darbieten, verdient kaum noch angefi werden. Auch die Meinung, daſs die Feuerkugeln elel Funken, oder daſs sie Entzündung brennbarer Luft sind, zu wenig für sich, um bei ihnen zu verweilen; denn o es möglich wäre, daſs unter den vielen leuchtenden Erscl gen, die wir über uns sehen, einige, den Feuerkugeln che, elektrischen Ursprungs wären, so kann dieses d die, welche über ganze Länder, hundert Meilen weit fort gewiſs nicht passen.

Die Meinung, daſs diese Meteore im Weltraume bende Massen sind, denen die Erde in ihrem Laufe Sonne begegnet, hat zwar Halley schon ausgesprochen Chladni hat dennoch das Verdienst[1] diese wenig bei und ganz vergessene Meinung, zu einer Zeit, wo man lachte, mit guten Gründen vertheidigt zu haben, und ol auch durch sie nicht alle Umstände erklärt werden, so doch durch das in neuern Zeiten genauer beobachtete He len der Meteorsteine, welches mit dem Erscheinen von kugeln verbunden war, eine solche Bestätigung erhalten der Hauptumstand, nämlich, daſs die Feuerkugeln nicht Erde entstehen, sondern aus fremden, in unsere Atmo eintretenden Massen, die hier leuchtend werden und nach Erlöschen Meteorsteine (zuweilen auch andere Massen) fallen lassen, kaum noch bezweifelt werden kann. Sch mals zeigte Chladni, daſs man mit Unrecht so manche glaubigte Nachrichten von herabgefallenen Steinen in Z ziehe, daſs die Umstände, unter welchen sie herabgefalle sollten, das gleichzeitige Erscheinen von Feuerkugeln u. so übereinstimmend sind, daſs schon darin ein Beglaubi grund liege, daſs die Entfernung der Feuerkugeln von de und ihre groſse Geschwindigkeit mit allen andern Erkläru Widerspruch stehe, und dagegen begreiflich werde, wei annehme, sie bewegten sich, gleichsam als kleine Welt

---

1 Chladni über die von Pallas gefundene und andere i Eisenmassen. Riga, 1794.

Raume fort und würden von der Erde angezogen, wenn sie en nahe genug kommt.

Die Entstehung der ungemeinen Hitze, wodurch diese rper glühend, schmelzend, ja wohl gar in Dämpfe verwant werden, ist freilich noch immer schwer zu erklären. Denn n gleich, wie Chladni in seinem neuern Werke bemerkt, mit so ungemeiner Geschwindigkeit in unsere Atmosphäre etender Körper eine starke Compression der Luft und dah sehr grofse Erhitzung bewirken kann, wenn gleich durch e Compression selbst da wo die Luft schon ziemlich dünne genug Sauerstoffgas, um dieses Brennen und Leuchten zu halten, auf die Masse einwirken kann, so muſs man doch hen, daſs, nach unsern sonstigen Begriffen von der Atpäre, dieses da nicht wohl statt finden kann, wo fast gar Luft vorhanden ist, und daſs dennoch in so groſsen Höhen kugeln und Sternschnuppen sichtbar werden. Doch dietstand und mehrere andere sind nicht als Einwürfe gegen dni anzusehen, da jede andere Hypothese uns hier eben nig Aufschluſs giebt. Woher es kommt, daſs jene Masn den glänzenden Zustand versetzt, und so heftig erhitzt n, wissen wir noch gar nicht; aber das Ansehen der ganErscheinung läſst schlieſsen, daſs die Masse, wenn sie sich euerkugel zeigt, flüssig ist, und Dämpfe, oft als Rauch r Kugel hervorbrechend, entwickelt. Ein solcher Rauch t auch der dunklere Theil des Schweifs zu seyn, und sein rbrechen an einer bestimmten Stelle kann wohl die Richder Bewegung mit bestimmen; denn wenn die Kugel mit fen gefüllt, überall den Druck dieser elastischen Masse t, nur an der Seite nicht, wo die Dämpfe hervorbrechen, uſs durch die Rückwirkung die Kugel nach der entgegenzten Seite fortgehen. Daher scheint es auch zu kommen, die Feuerkugel nach einer Explosion, wobei sie nicht ganz mmert wird, ihre Richtung ändert, indem vermuthlich Dampfstrom dann an einer andern Stelle der Oberfläche hericht, und eben dadurch die Kugel nach einer andern Richzurücktreibt. So möchte ich (theils den Beobachtungen ge-, wo z. B. bei der Feuerkugel 1783 Explosion und geänte Richtung gleichzeitig eintraten, theils auch auf allgemeine cipien gestützt) auch die zuweilen angegebene sprungweise nderte Bewegung der Feuerkugeln lieber erklären, als nach

Chladni's Ansicht aus der Compression der Luft, welcl Zurückstofsen bewirke; denn dieses Zurückstofsen schei mit den Bewegungsgesetzen eines nach allen Seiten freien unvereinbar zu seyn[1].

Zu den Gründen, welche gegen den irdischen Ur der Feuerkugeln und Sternschnuppen sprechen, komm auch noch die aus den neuesten Beobachtungen der schnuppen sehr klar hervorgehende Ueberzeugung[2], daſ in ihrer relativen Bewegung gegen die Erde der Einflu eigenen Bewegung der Erde verrathe, so daſs unter den schnuppen wenigstens, viel mehrere zu seyn scheinen, di relativ der eigenen Bewegung der Erde entgegen, als ihr g bewegen. Es wäre wohl der Mühe werth, auch auf die I kugeln diese Untersucbung auszudehnen und die vollkon Berechnung über die wahre Bewegung der Feuerkugeln Sternschnuppen im Raume, ganz durchzuführen, indes aus der bekannten Bewegung der Erde und der relative wegung dieser Meteore die absolute Bewegung der letzten leitete. Das daraus hervorgehende Resultat würde dann f doch noch durch die Anziehungskraft der Erde modificirt aber einige Folgerungen, vorzüglich über die eigenthü Geschwindigkeit, mit welcher die Masse des Meteors sich, sie der Erde so nahe war, fortbewegte, würden sich wohl ergeben. Grofs mufs diese Geschwindigkeit seyn z. B. die, welche unter einem bedeutenden Winkel vo Richtung der Erde abweichen, dennoch sehr schnell üb Erde fortziehen und also aufser jener Bewegung, mit welc die Erde begleiten, auch noch eine auf diese Richtung rechte Geschwindigkeit besitzen. Wenn diese Körper a Erde vorbei gehen, so müssen sie vorzüglich dann lange bar bleiben, wenn entweder ihre Bewegung mit der Bew der Erde gleich schnell und nach derselben Richtung g ist, oder wenn wenigstens die aus ihrer wahren Bew durch Zerlegung der Geschwindigkeit hervorgehende, m Bewegung der Erde parallele Geschwindigkeit der Geschw keit der Erde beinahe gleich ist. Ein solcher die Erd

1 Vergl. Muncke in Schweigg. Journ. XXV. 20.

2 Brandes Unterhalt. für Freunde der Physik und Astr 1stes Heft. S. 58.

t lang begleitender, fast immer aber doch noch relativ ge- sie schnell fortrückender Körper, muſs offenbar sich der Erde h mehr nähern und alle die Einwirkungen, die hier statt fin- können, vollkommener erleiden.

Dieser wichtigen Gründe für den kosmischen Ursprung der rkugeln ungeachtet, haben doch auch neuerlich noch einige iker den irdischen Ursprung dieser Meteore vertheidigt. r diesen nenne ich hier vorzüglich Egen[1], dessen Gründe, n sie hierher gehören[2], vorzüglich folgende sind. 1. Die e Entfernung dieser Meteore von der Erde sey meistens unsichern Beobachtungen abgeleitet. Dieser Einwurf hat ig Kraft; denn wenn man auch bei der einen und bei der rn Feuerkugel es zweifelhaft machen kann, ob die Höhe uf eine Meile genau sey, so hieſse es doch gegen alle Wahr- nlichkeit streiten, wenn man sagen wollte, bei so vielen omenen habe sich allemal eine zu groſse Höhe ergeben. diese Behauptung erscheint um so grundloser, da selbst die en Gegenden, in welchen ein solches Phänomen sichtbar esen ist, Zeugniſs für seine ungemeine Höhe geben, und Beobachtungen der Sternschnuppen jetzt sich ebenfalls als ungemeine Höhe bekräftigend zeigen. 2. Die Bahn der ore scheine immer den Bedingungen der von der Erde aus orfenen Körpern gemäſs zu seyn. Wenn die Wurfbewegung der Oberfläche der Erde ausgegangen ist, sagt Egen, so ie Projection der Wurflinie nothwendig ein gröſster Kreis, daſs diese bei den Feuerkugeln davon verschieden sey, er- wenigstens nicht aus den Beobachtungen. Hier ist nun ch zu bemerken, daſs bei kurzen Bahnen, und vollends minder genauer Beobachtung wohl die Abweichungen vom ten Kreise leicht unbemerkt bleiben konnten; zweitens der Weg der Feuerkugeln aber auch wirklich nicht immer n gröſsten Kreis als Projection dargeboten hat, wie das Bei- l der Feuerkugel vom 18. Aug. 1783 zeigt, die von ihrer htung abwich, als die Explosion statt gefunden hatte; aber tens ist auch der theoretische Satz selbst nicht genau rich- indem, wenn eine mit elastischen Stoffen gefüllte Kugel

1 Gilb. LXXII. 376.

2 Die aus den Bestandtheilen der Meteormassen hergenommenen de lasse ich hier aus den Augen.

zuerst nach einer bestimmten Richtung fortgeht, gewifs
Zerspringen die Bahnen der einzelnen Theilchen, selbst a
Erdfläche projicirt, ganz ungleich ausfallen.

Einen wichtigern Einwurf könnte man aus dem nach
Verschwinden dieser Meteore übrig bleibenden Schweife
nehmen, der gewöhnlich gar nicht fortzurücken pflegt ode
nigstens nicht so schnell fortrückt, als es die eigene Bew
der Erde fordert. Wenn eine Sternschnuppe in 10 Meilen
nahe bei meinem Zenith verschwindet und der Schweif l
auch nur 2 bis 3 Secunden sichtbar, so sollte er mir, wenn i
der bewegten Erde an ihm vorbei eile, viele Grade weit
den Sternen fortzurücken scheinen, was keineswegs der Fa
Ein Schweif, der so wie am 23. Oct. 1805 oder am 11.
1741 eine Viertelstunde lang dauerte, müfste, weil die
sich unterdefs um Tausende von Meilen von ihm entf
längst unsichtbar geworden seyn, und man sieht daher,
diese Schweife die Erde begleiten. Es erhellet aus dieser
fsen Verschiedenheit zwischen der schnell fortziehenden F
kugel und dem stillstehenden Schweife, dafs man dem le
eine ganz andere Beschaffenheit als der erstern beilegen
Der Schweif begleitet die Erde und mufs daher sich in
umgebenden Medio befinden, das dicht genug ist, diese
muthlich ungemein dünne Materie mit fortzuführen, un
haben also Hoffnung, durch Beobachtungen auszumitteln,
hoch hinauf noch eine dazu hinreichend dichte Materie vo
den ist. Die eigene Bewegung der Schweife, die nur
und nie in erheblichem Mafse statt findet, scheint von zwei
schiedenen Ursachen abzuhängen, nämlich von einem ge
Zurückbleiben hinter der Erde, und von kleinen Explos
der vielleicht im Schweife noch übrigen dichtern Theil
Das langsame Fortrücken gegen Süden, welches der Schwe
23. Oct. 1805 zeigte, und das doch immer einige Meilen l
gen mochte, konnte nach der damaligen Richtung der Erde
so erscheinen, wenn der Schweif sich ein wenig langsam
die Erde bewegte, aber hätte freilich in einer einzigen Se
mehr betragen müssen, als es in 15 Minuten betrug, wen
Schweif ohne alle Bewegung gewesen wäre, oder die Er
nicht begleitet hätte. Eine wichtigere Ursache der Veränd
des Schweifes scheint aber in kleinen Explosionen zu liege
einen Theil des Schweifes eben so, wie früher einzelne T

Kugel, nach einer Seite hin stofsen; indefs sind damit die ıgungen des ganzen Schweifs nicht zu erklären, wenn sie so e bei einer von mir beobachteten Sternschnuppe[1] als ein allliges Zusammenkrümmen des ganzen Schweifs erscheinen.

Viel Unerklärliches also bleibt noch immer hier übrig, und nftige Beobachtungen können uns noch viele Belehrung geihren. Zu diesem Unerklärlichen gehört auch der, oft erst hrere Minuten nach dem Zerspringen gehörte Knall, von welm es ganz unglaublich scheinen würde, dafs er sich durch in 6 oder 8 Meilen Höhe so ungemein verdünnte Luft stark ng fortpflanzen könnte, wenn nicht zahlreiche Erfahrungen ten, dafs es dennoch wirklich so sey.

Obgleich aber die Frage, ob die Feuerkugeln irdischen Urngs sind, hiernach wohl verneinend entschieden zu seyn eint, so könnte man nun doch ihren Ursprung noch näher immen wollen, und hat deshalb gefragt, ob sie vom Monde uns herüber geworfen seyn könnten. Unmöglich wäre das r nicht, aber theils macht die grofse Zahl der auf die Erde nden Meteorsteine dieses unwahrscheinlich, theils auch der tand, dafs nur die unter sehr bestimmtem Winkel vom de ausgeworfenen Körper die Erde erreichen könnten, und t daher nicht glaublich, dafs sie von dort ihren Ursprung en[2].

Aber wenn gleich die Feuerkugeln, aus denen feste Massen die Erde herabfallen, nicht ursprünglich der Erde angehören, t es doch noch zweifelhaft, ob gerade alle Feuerkugeln und schnuppen ganz einerlei Natur haben. Vorzüglich verte es eine eigene Untersuchung, wozu es noch an hinreiden Beobachtungen fehlt, ob die Feuerkugeln, die bei gro- Revolutionen in der untern Atmosphäre gesehen sind, in hen Höhen entstehen, wie die, von welchen die oben anhrten Beobachtungen Nachricht geben. Da doch schwerlich e Feuerkugeln Ursachen der Stürme und tiefen Barometerde seyn könne, so mufs man vielmehr wohl annehmen, dafs eben den Ursachen ihr Entstehen verdanken, welche jene uhe in der untern Luft hervorbringen; dann aber sind diese

---

1 Versuche die Entfernung, Geschwindigkeit und Bahnen der nschnuppen zu bestimmen, von Benzenberg und Brandes S. 35.

2 Gilb. XIV. 38.

Feuerkugeln irdischen Ursprungs. — Doch es ist noch zu
darüber etwas Entscheidendes zu sagen. Auch darübe
Feuerkugeln eine Aenderung der Temperatur in der unte
mosphäre bewirkt haben, wage ich nichts zu behaupten
gleich CHLADNI Beispiele, wo gröſsere Wärme gefolg
anführt.

Daſs RITTER's Behauptungen über ihre dem magnet
Meridian parallele Richtung über gewisse Perioden, wo si
figer erscheinen u. dgl. ohne Grund sind, hat CHLADNI[1]
hinreichend gezeigt.

Von den heruntergefallenen Massen wird der Art. *M
steine* Nachricht geben, die Nachrichten von einzelnen I
kugeln hier aufzuführen, habe ich für unnöthig gehalten
man in CHLADNI's oben erwähntem Werke alles hierher
rige gesammelt findet. *B*

Feuerzeug.

Es giebt der Feuerzeuge gar viele und von mancherl
keines derselben ist seinem Wesen nach auf andere als ph
lische Principien gegründet und somit für den Physiker
ohne Interesse oder ihm in der Hauptsache fremd; allein
noch würde eine Aufzählung und Beschreibung derselben
so unfruchtbar als ermüdend seyn, und auſserdem werd
selbst nebst den Grundsätzen, wonach sie construirt sind
legentlich erwähnt werden. Nur zwei derselben verdiene
genauere Beschreibung, nämlich das sogenannte *chemisc*
das *pneumatische*, indem das elektrische Feuerzeug (gew
cher elektrische Lampe, Zündlampe genannt) und die
DÖBEREINER erfundene Abänderung dieses Apparates, be
chem die Entzündung des Wasserstoffgases durch Platinsch
geschieht, an andern geeigneten Orten beschrieben
sollen.

A. Chemisches Feuerzeug.

Hierunter versteht man denjenigen Apparat, bei w
eine schnelle Entzündung mit Flamme durch die chemisc
setzung des chlorsauren Kali's durch Schwefelsäure
wird. Das Ganze besteht daher meistens aus einem K

1 Chladni über Feuermeteore. S. 66.

a verschiedener willkürlicher Gestalt, worin sich ein kleines fäfs mit etwas Schwefelsäure befindet, und zugleich die klein Schwefelhölzchen aufbewahrt werden können, welche man rch Eintauchen in die Schwefelsäure entzündet. Jenes Gefäfs meistens ein kleines Gläschen, welches mit einem geeigne- a Stöpsel verschlossen wird, damit die Schwefelsäure nicht viel Wasser aus der Luft anzieht, womit sie sich wegen er starken Affinität zu demselben begierig verbindet, dadurch r zur Erzeugung einer Entzündung unbrauchbar wird. Die wefelsäure ist ferner sehr ätzend, und richtet daher leicht aden an, wenn sie verschüttet wird, auch pflegt das Entden der Schwefelhölzchen durch dieselbe mit einigem Knien verbunden zu seyn, wodurch leicht kleine Quantitäten selben umhergespritzt werden, wenn sie in zu groſser Menge die Schwefelhölzchen gebracht wird. Um dieses zu vermein und da es nur einer sehr geringen Quantität derselben zur tzündung der Schwefelhölzchen bedarf, pflegt man etwas geschenen Kiessand, ungleich besser aber etwas Asbest auf den den der Gläschen zu bringen, damit hierdurch die Schwefelre aufgesogen werde, und nur eine geringe Quantität derselan die Hölzchen übergehe. Durch längeren Gebrauch wird Schwefelsäure theils verbraucht, zuweilen zieht sie aber rch wiederholtes Eröffnen des Gläschens und hierdurch bekten freien Zutritt der feuchten Luft zu vieles Wasser an, lches sie für die Folge untauglich macht. Im ersteren Falle nichts weiter erforderlich, als wieder einige Tropfen Säure zuzugieſsen, im letzteren aber thut man wohl, die wässerige issigkeit erst aus dem Gläschen zu tröpfeln, auch einige hwefelsäure nachzuschütten, damit diese das überflüssige Wasser sorbire, diese wässerige Säure wieder abzugieſsen, und eine ringe Quantität frischer Säure wieder in das Gläschen zu brinen. Daſs man hierbei wegen der starken ätzenden Eigenschaft er Schwefelsäure mit gehöriger Vorsicht verfahren müsse, um ch und die umliegenden Gegenstände gegen Verletzungen zu chern, versteht sich von selbst.

. Die *Zündhölzchen*, welche gegenwärtig in groſser Menge abrikmäſsig verfertigt werden, sind gewöhnliche Schwefelölzchen mit der durch Zutritt der Schwefelsäure sich entzünenden Mischung am einen Ende. Diese Mischung besteht in er Hauptsache aus chlorsaurem Kali und Schwefelblumen, wel-

che gemengt und durch irgend ein Bindemittel an den E der Hölzchen festgeklebt wird. Die gewöhnlichen Ang für diese Mischung sind 60 Th. chlorsaures Kali, 14 Th. Scl felblumen, 14 Th. Benzoeharz, etwas weniges Traganthscl und Zinnober; oder 30 Th. chlorsaures Kali, 10 Th. Schv 8 Th. Zucker, 5 Th. arabischer Gummi und etwas Zinno Diejenige Mischung, welche zu den gewöhnlichen, fabrikm gut bereiteten, Hölzchen genommen wird, besteht aus 30 Schwefelblumen, 4 Th. Zinnober, 4 Th. arabischem Gu 3 Th. Gummi Traganth, 3 Th. Kolophonium, jedes fein g ben, dann gemengt und abermals gerieben, dann 21 Th. geriebenes chlorsaures Kali zugesetzt, gut gemengt, mit w gem Wasser zu einem dicken Brei gerührt, jedes Schwefell chen mit demjenigen Ende, woran der Schwefel festsitzt die Masse eingetaucht und getrocknet[2]. Sobald das chlor Kali zugesetzt ist, darf das Gemenge nur im feuchten Zust gerieben werden, weil sonst leicht eine höchst gefährliche plosion entstehen kann. Die Ursache der Entzündung darin, daſs die Schwefelsäure das chlorsaure Kali durch he chemische Einwirkung in Chloroxyd, saures schwefelsaures und oxydirtchlorsaures Kali zerlegt, wobei das sich entwick Chloroxyd die damit verbundenen brennbaren Körper des menges entzündet[3]. Diese Entzündung theilt sich dann Schwefel der Hölzchen und zuletzt diesen selbst mit, wesw man diese Zündhölzchen zuerst als gemeine Schwefelhölz verfertigt, und dann eine geringe Quantität der zündenden stanz an den Schwefel bringt.

B. Pneumatisches Feuerzeug.

Das pneumatische Feuerzeug (briquet pneumati auch *Tachopyrion* genannt, hat seinen Namen davon, da Compression der Luft die Entzündung der leicht feuerfang Körper in demselben bewirkt. Ueber die Ursache des g Phänomens und die dasselbe begleitenden Umstände wa nur im Anfange zweifelhaft; gegenwärtig ist es durch gende Thatsachen erwiesen, daſs die durch Compressio

1 Gmelin's Handb. d. Chemie 3te Aufl. I. S. 558.
2 Dingler polytechnisches Journ. XVIII. 121.
3 Gmelin a. a. O.

k frei werdende Wärme aus dieser letzteren ausgeschieden d, und zugleich Ursache des Entzündens leicht verbrennli- r Körper ist. Diesemnach ist denn auch das pneumatische rzeug nichts anders als eine geeignete Compressionspumpe, einer Vorrichtung, um den Zündschwamm in denjenigen zu bringen, in welchem die Luft plötzlich und stark mengedrückt wird. Dafs die Compression recht schnell ehen müsse, wenn der Versuch gelingen soll, folgt schon s nothwendig, weil sonst die erzeugte Wärme den umge- n dichteren Körpern mitgetheilt wird, und somit auf die entzündbaren Körper keine Wirkung äufsern kann. An- bediente man sich der gewöhnlichen Compressionspumpen ie Windbüchsen, bald nachher aber, als die Sache wegen Neuheit Aufsehen und Beifall erhielt, verfertigte man klei- etwa 3 Z. lange und 0,3 Z. im Durchmesser haltende mes- e Feuerzeuge, welche zum Behuf des Entzündens von chwamm in der Tasche getragen wurden oder auch in Spatzierstöcken enthalten waren. Der an einem eisernen befestigte Embolus ist hierhei nur 6 bis 9 Lin. lang, hat einer obern Fläche ein krummgebogenes eisernes Häkchen, es etwa 0,75 Lin. von jener Fläche absteht und zur Befe- ng des Zündschwammes dient, zugleich aber berührt der hineingestofsene Embolus die untere Fläche des hohlen gnen Cylinders nicht, sondern nähert sich demselben nur f den Abstand von etwa 1 bis 2 Lin., damit der entzündete mm nicht durch die Berührung des metallenen Bodens r erlöschen möge. Beim Gebrauche dieses Apparates ist er nicht blofs erforderlich, den Embolus schnell hineinzu- n, sondern man mufs ihn auch mit gröfster Geschwindig- wieder zurückziehen, damit der glühende Schwamm nicht wenige, in dem engen Raume befindliche Sauerstoffgas ver- und wieder erlösche. Zum Gelingen des Versuches ist ich keineswegs ein so genaues Schliefsen des Embolus er- rlich, dafs keine Luft neben demselben entweiche, viel- r wird die Entzündung dennoch erfolgen, wenn auch die dem Stofse in dem Raume befindliche Luft keinen hohen d der Dichtigkeit mehr besitzt, unter der Voraussetzung, s nur die Compression selbst schnell genug geschieht. Ob- ch die Entzündung des Schwammes vermittelst dieses Werk- ges mit grofser Sicherheit erfolgt, so hat die praktische An-

wendung desselben doch in so fern etwas wider sich, als jederzeit einen kräftigen Stofs anwenden, und dabei das Ende des Feuerzeuges auf einen harten Gegenstand, etwa Tisch, einen Stein u. dgl. stützen mufs, um hinlänglichen derstand zu finden[1]. Diese kleine, durch den Reiz der heit früher sehr allgemein verbreiteten Tachopyrien sind bald wieder aus der Mode gekommen, beweisen indefs den tigen Satz, dafs zur Entzündung des Schwammes eine bedeutende Compression der Luft gar nicht erforderlich is dem bei der geringen Länge jener kleinen Werkzeuge der in welchem der Schwamm entzündet wird, keine in ein hen Grade vielfach verdichtete Luft enthalten kann. Wi len des Beispiels wegen annehmen, der Raum zwisch Embolus und dem Boden des messingnen Cylinders betr und dieser sey am Ende des Stofses so weit verminder sich der Schwamm noch in einem Raume von 2 Lin. be habe, so war die Verdichtung der Luft, wenn man kein derselben als entwichen annimmt, nicht mehr als die ach fache, welche in der Wirklichkeit aber leicht auf ⅔ also zwölffache herabgesetzt werden kann.

Diejenigen Tachopyrien, welche gegenwärtig mit als unentbehrliche Apparate der physikalischen Cabinette sehen werden, sind zuerst von Dümoutiez in Paris verfer Sie bestehen aus einem gläsernen Cylinder, welches M jener Künstler deswegen wählte, weil man begierig wa
Fig. bei der Compression sich zeigenden Nebel und die damit
41. verbundene Lichtentwickelung zu sehen. Der hohle g Cylinder aa ist 8 bis 10 Zoll lang, 2 bis 3 Lin. im Lichte und von etwa 2 bis 3 Lin. Glasesdicke, wobei sich von versteht, dafs diese Mafse nur die mittleren sind, und hi

1 Newmarch in Glocestershire hat vor Kurzem Schiefsg mit kleinen Tachopyrien versehen, um das Pulver durch blofse pression der Luft zu entzünden. Bei diesen liegt eine kurze Co sionspumpe im Flintenkolben, deren Stempel durch eine stark spannte Spiralfeder fortgestofsen wird, und die comprimirte L einen engen, mit der Pulverkammer communicirenden Canal um das Pulver zu entzünden. S. Lond. Journ. of Arts 1826. p. 72. Die Erfindung wird aber keinen Beifall finden, weil sich ergiebt, dafs sie in vielfacher Hinsicht nicht zweckmäfsig ist.

2 Vergl. G. XXV. 118.

feste Norm besteht. Der Cylinder wird vermittelst einer ernen Regel mit Schmirgel warm ausgeschliffen, um genau drisch zu seyn, bei welcher Operation schlecht gekühltes leicht zu zerspringen pflegt, dann wird er oben mit einer ingnen Fassung und dem buxbaumenen Knopfe b völlig licht verschlossen, jedoch meistens so, dafs man den Knopf hrauben, und somit auch das obere Ende öffnen kann, und untern Ende wird gleichfalls eine messingne Fassung angeht. Der Embolus ist 1,25 bis 1,5 Zoll lang, mit Leder zogen und geölt, endigt oben in einen messingnen Ring so, eine Vertiefung entsteht, in welche ein Stück Schwamm cht werden kann, und damit dieser den Boden des Cylinbeim Hineinstofsen des Embolus nicht berührt, ist in der ngnen Fassung des hölzernen Griffes bei c c ein Stück Kork macht, welches den etwaigen Stofs gegen das Ende des ders minder hart macht. Auch bei diesem Apparate ist Gelingen des Versuches keineswegs erforderlich, dafs der olus absolut schliefse, und keine Luft entweichen lasse, ehr habe ich mehrere Tachopyrien versucht, bei denen ich Embolus ohne grofse Anstrengung bis auf den Boden des Cyrs drücken konnte, und dennoch erfolgt die Entzündung hlbar, wenn der Stofs nur rasch genug vollführt wird.

Die physikalischen Gesetze, worauf das pneumatische rzeug gegründet ist, können hier nicht erörtert werden, insie mit der ganz allgemein stattfindenden Entbindung der me durch Compression innigst verwebt sind[1], und es bleibt r nur noch übrig, die Geschichte der Erfindung desselben die wichtigsten damit beobachteten Erscheinungen näher aneben. Man wufste schon längst, namentlich aus Dalton's suchen, dafs durch Compression der atmosphärischen Luft rme erzeugt werde, allein nicht auf diesem Wege, sondern hst wahrscheinlich durch blofsen Zufall ist die Entdeckung Tachopyrion gemacht. Ein Arbeiter in der Gewehrfabrik zu enne en Forez scheint nämlich die Wärme wahrgenommen haben, welche die in der gemeinen Ladungspumpe einer indbüchse comprimirte Luft hergiebt, und hat wahrscheinh auf diese Weise zuerst den Zündschwamm zum Brennen ge-

1 S. *Wärme, Erzeugung derselben durch Compression.*

bracht[1]. Mollet, Prof. der Physik in Lyon, lernte
scheinung kennen, und theilte die Nachricht darüber na
mit[2], wo die Sache grofses Aufsehen erregte, und d
Charles vom Institute veranlafst wurde, sie näher zu
Inzwischen glaubte man anfangs, die in einer Windbüchs
primirte und dann explodirende Luft bewirke die Entzü
welches aber durch die Versuche nicht bestätigt wurde, u
war daher in Paris geneigt, die ganze Angabe für unge
zu halten, bis ein Augenzeuge, welcher die Versuc
Mollet gesehen hatte, sie wiederholte, und dadurch di
tige Ansicht derselben herbeiführte. Von nun an wurd
Entdeckung sowohl in Frankreich, als auch in Deutschla
kannt[3], und man wiederholte sehr allgemein diese intere
Versuche. Der erste, welcher sich in Deutschland da
schäftigte, und die Resultate seiner Versuche bekannt
war Erman[4]. Ihm gelang die Entzündung des Zündsc
mes, wenn er ihn oben in die fest verschlossene Oeffnun
gemeinen Compressionspumpe der Windbüchse brachte,
vollkommen, wenn er die Luft nur etwa auf das Zwölffach
dichtete, weil er aber zugleich gefunden zu haben glaubt
andern Substanzen keine bedeutende Temperaturerhöhun
getheilt werde, wenn er sie statt des Schwammes in
Raum brachte, und er selbst das leichtflüssige Rose'sche
nicht zum Schmelzen bringen konnte, so leitete er das E
den des Schwammes von einer Reibung der Luft an den
Fasern des Schwammes und einer hiermit verbunden
sammendrückung und Biegung derselben ab, wogege
aber gleich anfangs Wrede erklärte[5]. Eine lange bei de
sikern herrschende Ansicht war, dafs durch Compressi
Luft das Sauerstoffgas ausgeschieden werde, und die Entz
bewirke, worauf auch der Umstand hindeutete, dafs dur
che Gasarten, worin sich jenes Gas nicht befand, keine E
dung hervorgebracht werden kann: inzwischen ist geger
genugsam erwiesen, dafs auch diese allerdings durch Verdi

1 J. d. Ph. LXII. 256.
2 Ebend. LVIII. 487.
3 Izarn Lithologie atmosphérique. Par. 1803. 8.
4 G. XVIII. 240.
5 G. XVIII. 406.

ne hergeben, wobei die nicht erfolgende Entzündung aus n Gründen leicht erklärbar ist.

Weit genügendere Resultate erhielt Gilbert[1] mit einer ds für diesen Zweck verfertigten eisernen Compressions-pe. Es gelang ihm hiermit nicht bloſs den Schwamm zu nden, sondern auch das Rose'sche Metall zu schmelzen, wolle allein oder mit Kolophonium, Schwefelblumen und ſspulver bestreuet, oder mit Terpentinöl und Schwefeläther t, Leinwand und Papierschnitzeln zu verkohlen, und in meisten Fällen aus dem entstandenen Rauche zu folgern, in wirkliches Brennen statt gefunden haben muſste. Hiergab sich nun evident, daſs die Ursache der Erhitzung nicht er Compression oder Biegung der festen Körper, auch nicht er Reibung der Luft an diesen oder an den festen Wän-r Compressionspumpe und eben so wenig in einer Rei-des Embolus an den letzteren liegen könne, sondern daſs ärme einzig und allein aus der comprimirten Luft selbst schieden seyn muſste. Gleich entscheidende Versuche wur-ch in Paris angestellt, unter denen die von Biot die um-dsten und wichtigsten sind. Dieser Physiker lieſs sich iserne Compressionspumpe expreſs hierfür verfertigen, und mit einer dicken Spiegelglasplatte bedecken, konnte indeſs ichtschein, welchen er bei der Compression der atmosphä-n Luft erwartete und in andern Versuchen wahrgenom-aben wollte, wahrscheinlich der schnellen Bewegung hal-cht sehen. Sehr interessant dagegen war es, daſs er die thete Entzündung des Knallgases durch bloſse Zusammen-ung in diesem Apparate bewerkstelligte, wobei aber in den n ersten Versuchen die Glasscheibe zerschlagen und in ei-dritten selbst die Pumpe zerrissen wurde[2].

Auch nach Biot's Ansicht, welche seitdem aus hinreichen-Gründen allgemein angenommen ist, wird die bei den ge-ten Versuchen frei werdende Wärme zunächst bloſs aus der lich verdichteten Luft ausgeschieden, indem der aus den mmengedrückten festen Körpern hinzukommende Antheil als deutend vernachlässigt werden kann. Seitdem sind die Ver-e mit dem pneumatischen Feuerzeuge zwar noch oft wieder-

1 Annalen XVIII. 407.

2 Ann. de Chim. LIII. 321.

holt, allein es ist nichts Neues durch dieselben mehr auf; den. Als die bedeutendsten unter diesen verdienen et von Le Bouvier-Desmortier genannt zu werden, w fand, daſs die Entzündung nicht erfolgte, wenn das obere des Feuerzeuges nicht luftdicht schloſs, wohl aber dann, der Embolus Luft neben sich entweichen lieſs. Letzte jetzt allgemein bekannt, denn es giebt wohl kaum ein s Werkzeug, welches bei dem erforderlichen heftigen Stoſse einen geringeren oder gröſseren, oft einen bedeutenden, A der Luft entweichen lieſse. Merkwürdig bleibt es aber das daſs Le Bouvier-Desmortier in den Embolus der nach zuerst einen, dann zwei, dann drei und endlich g Reifen von 0,25 Lin. Tiefe einschneiden lieſs, und da erfolgte die Entzündung des Schwammes, hörte aber a alle vier Reifen ihrer Gröſse nach in einen einzigen ve wurden[1].

Setzen wir zuvörderst die Richtigkeit jener oberen un ser letzteren Behauptung voraus, welche auf den ersten mit einander unverträglich scheinen, so ist die Erklärung v ner schwieriger als von dieser. Es folgt nämlich aus pn tischen Gesetzen, daſs eine gewisse Zeit erfordert wird, l auf der obern Fläche des Embolus ruhende Luftschich den Oeffnungen am Rande desselben abflieſst, und man sich daher auf gewisse Weise vorstellen, daſs zunächst n in der ganzen Länge des hohlen Cylinders befindlichen säulen, deren Basis auf den Oeffnungen im Embolus ruht der Bewegung des letzteren entweichen, während die Mitte desselben aufliegende Luftsäule zusammengepreſst und die Entzündung des Schwammes bewirkt, welches leichter geschehen kann, als oben angegebenen Erfah nach kaum eine zwölffache Verdichtung der Luft hierzu dert wird. Die hierbei angenommenen Voraussetzunge zwar nicht strenge richtig, allein doch genähert; eine E nung aber, wie stark die Verdichtung bei einer gegebenen des Cylinders und der Einschnitte in den Embolus, desg einer bestimmten Geschwindigkeit der Comprimirung sey, wegen der zunehmend vermehrten Dichtigkeit auf g Schwierigkeiten führen, als die Aufgabe werth ist. Da

1 G. XXX. 268 ff. Vergl. XXXIII. 228 ff.

r in einen einzigen vereinten Einschnitte, wenn anders um dieses letzteren der Summe jener ersteren genau äquiwar, keine weitere Entzündung des Schwammes zuliefsen, darin seinen Grund haben, dafs die kleineren Reifen in af allen Fall elastischen Embolus durch den Gegendruck Tandungen des Cylinders noch mehr zusammengedrückt n, und somit als sehr enge Canäle der durchströmenden a einen gröfseren Widerstand entgegensetzten, als ein einweiter Canal, eine Erklärung, welche auch Le Bouvier-ntier von der Erscheinung gegeben hat. Ungleich wiger ist es, die Ursache aufzufinden, warum die Entng des Schwammes nicht statt findet, wenn das Feuerzeug nicht genügend verschlossen ist, vorausgesetzt dafs die der dort entweichenden Luft nicht gröfser ist als die-, welche neben dem Embolus oder durch die Reifen in iben ausströmt. Die einzige Erklärung, welche mir unter gegebenen Bedingung als möglich erscheint, ist folgende. das obere Ende des Cylinders genau verschlossen ist, so ler zu entzündende Schwamm entweder nahe unter demt oder über dem beweglichen Embolus angebracht seyn, wird er sich in einer an Dichtigkeit zunehmenden Luft len, und zwar im ersteren Falle noch mehr als im letzteren, i die entweichende Luftmenge nicht über die nothwendige e hinausgeht. Entweicht dagegen Luft neben dem verlenden Knopfe, und befindet sich der Schwamm dicht demselben, so wird gerade in seiner Umgebung eine stete sion der Luft durch ihr der Stärke der Compression propores Entweichen stattfinden, welches die Wirkungen der Zuendrückung mindestens zum Theil wieder aufhebt. Ist ler Schwamm über dem Embolus oder in einer Höhlung im n Theile desselben befestigt, so ist der Embolus das Be-, und die zunächst über ihm befindliche Luftschicht wird tärksten comprimirt seyn, weil doch allezeit einige, wenn sehr kurze Zeit erforderlich ist, bis die beginnende und ortgesetzter Bewegung des Embolus stets wachsende Dichit sich der in der ganzen Länge des Cylinders befindlichen äule mittheilt. Wenn nun Luft neben dem oberen verefsenden Knopfe der Compressionspumpe entweichen kann, ird bei zunehmender Verdichtung der Luft das Maximum Dichtigkeit über der Oberfläche des Embolus, das Mini-

mum unter dem verschliefsenden Knopfe seyn, und k bei stets dauernder Expansion derselben keine Entzünd zeugt werden, wo sich auch immer der Schwamm befind

Man bemerkt allezeit oder mindestens oft einen Lic und einen bedeutend dichten Dunst im pneumatischen zeuge, war aber nicht allezeit über die Ursache dieser l nung einig, indem Le Bouvier-Desmortier sogar de für ausgeschiedenen Wärmestoff halten wollte. Wenn m berücksichtigt, was für eine bedeutende Wärme du schnelle Compression der Luft frei wird, so muſs es al wendig erscheinen, daſs eine hinlängliche Menge des vorhandenen Oeles oder selbst vom Leder des Kolbens ir verwandelt wird, welcher durch augenblicklich erfolge kühlung als Dunst zum Vorschein kommt. Ist auſserde schwamm oder ein sonstiger leicht feuerfangender Kö Feuerzeuge befindlich, so entsteht allezeit eine mehr od der vollständige Verbrennung; woraus der Dunst oder liche Rauch nur zu leicht erklärbar wird. Das wah mene Licht aber ist entweder ein eigentlicher Funke entsteht im Momente des Erglühens des Schwammes, ist ein bloſser Lichtschein, welchen man am leichtesten nem schwachen Glühen des gebildeten Dampfes erklä für eine Art Phosphorescenz halten könnte. Letztere für einige Fälle alsdann angenommen werden, wenn es det ist, daſs nach Dessaigne's Versuchen[1] auch sch stark comprimirtes Wasser nicht bloſs Wärme frei macht nicht zu zweifeln ist), sondern auch einen schwache schein wahrnehmen läſst. Einige Physiker haben dies entwickelung, so wie alle Erscheinungen, welche das pyrion darbietet, mit dem bekannten Windbüchsenl Verbindung bringen wollen, allein von diesem letztere immer etwas räthselhaften, Phänomene wird noch b gehandelt werden.

Filtriren.

Seihen, Durchseihen; *Filtratio*, *Colati* tration; *Filtration.*

1 J. de Phys. LXXIII. 41.

Das *Filtriren*, auch die *Filtrirung, Durchseihung* ge-
nt, bezeichnet den Act des langsamen Durchlaufens, Durch-
gens der Flüssigkeiten durch schwammige, poröse und
ere Körper, wobei die den Flüssigkeiten mechanisch beige-
gten Substanzen durch den Widerstand, welchen die nahe
einander liegenden Theile des Filtrirungsapparates ihnen
gensetzen, zurückgehalten werden, die Flüssigkeiten selbst
durch die feinen Zwischenräume dringen, und daher in der
el hell und gereinigt wieder zum Vorschein kommen. Sol-
Substanzen aber, welche mit den Flüssigkeiten chemisch
unden oder auch nur vollständig von ihnen aufgelöst sind,
nen durch ein Filtrum nicht abgeschieden werden. Im All-
einen dient daher das Filtriren dazu, trübe Flüssigkeiten von
r mechanisch beigemengten Körpern zu trennen, sie reiner
heller zu machen; in vielen Fällen aber, wenn die locke-
filtrirenden Körper zum Theil aus Substanzen bestehen oder
solchen gemengt sind, welche von den durch sie dringen-
Flüssigkeiten aufgelöst werden, so nehmen diese von jenen
e gröfsere oder geringere Menge auf, und können sonach un-
er seyn als sie vor dem Filtriren waren; meistens sind sie
r hell, zuweilen aber werden sie durch unreine Filtrirungs-
stanzen selbst trübe.

Um die Uebersicht der verschiedenen Filtrirungsprocesse
leichtern und von den sehr mannigfaltigen Arten derselben
wichtigsten hervorzuheben, lassen sie sich am besten in *na-
liche* und *künstliche* abtheilen. Die in der Natur vorkom-
den Filtrirungen sind höchst zahlreich, und bestehen haupt-
lich im Durchdringen des atmosphärischen Wassers durch
d und lockeres Erdreich. Nur in zwei Arten von Erschei-
gen verdient indefs dieser Procefs vorzügliche Beachtung,
lich zuerst bei der Bildung der Quellen und alsdann bei der
stehung des Tropfsteinwassers. Beide sind zwar ganz eigent-
e Filtrirungen, welche noch aufserdem das Eigenthümliche
en, dafs in beiden Fällen das reine Wasser eine gröfsere
r geringere Menge Stoffe aus der filtrirenden Substanz auf-
mt und dadurch verunreinigt wird; weil aber jeder dieser
cesse eine besondere Erläuterung verdient[1], so können sie
r nur im Allgemeinen erwähnt werden.

1 S. *Quellen und Tropfstein.*

Ausnehmend zahlreich und mannigfaltig sind die *künst*
Filtrirungen. Unter diese Classe gehören diejenigen Pro
welche in der Oekonomie, Technologie und vorzüglic
Chemie in grofser Zahl und unter den verschiedensten M
cationen vorkommen, im Allgemeinen aber, hauptsächlic
den beiden ersteren Arten, sämmtlich darauf hinauslaufen
man entweder feste Substanzen von einem mit ihnen ver
ten flüssigen Mittel zu scheiden sucht, oder eine mit un
lösten Stoffen verbundene Flüssigkeit von diesen zu tr
beabsichtigt, oder endlich einen Extract aus verschied
meistens pulverisirten Körpern zu erhalten verlangt, wo
Filtrirungsapparat häufig die *Real'sche Extractions - Presse*
gewandt zu werden pflegt. Häufig wird hierbei die ei
getrennten Substanzen, entweder die Flüssigkeit oder der
bleibende feste Körper, als unbrauchbar weggeworfen, in
chen Fällen werden sie aber beide benutzt. Unter die ö
mischen Filtrirungsprocesse gehört z. B. das Durchseihe
Milch, das Abscheiden der Molken von den käsigen Th
die gewöhnliche Filtrirung des Kaffee's u. dgl. m. Die bei
nischen Processen und in Fabriken vorkommenden Filtrir
sind meistens bestimmten Regeln unterworfen, welche
nicht erwähnt werden können, und daher mögen des Bei
wegen nur genannt werden das Absondern der Bierwürz
den Trestern, die Reinigung der verschiedenen Laugen vo
beigemengten heterogenen Theilen u. dgl. Die *Filtra (D*
seiher, Seiher), deren man sich in diesen Fällen bedient
oft blofse leinene Tücher; Filze, dickere oder dünnere w
Zeuge, feine Geflechte von Pferdehaaren (Haarsiebe),
fein durchlöcherte Bleche und zuweilen nur Strohmatten
Strohwische, welche letzteren vor den Abflufslöchern
breitet werden. Man wählt dann nach dem jedesmalige
dürfnisse sowohl den Stoff als auch die Gestalt, wendet al
Grofsen meistens spitz zulaufende Beutel (*Filtrirsäcke; m*
Hippocratis) oder viereckige, in den vier Winkeln eine
zernen Rahmens, des *Tenakels*, ausgespannte Tücher an.
diese Tücher wird dann auch wohl Fliefspapier gelegt, w
wegen seines dichteren Gefüges und seiner die Flüssigkeite
saugenden Eigenschaft zu diesem Behufe am meisten geeigr

1 S. *Presse, hydrostatische.*

Bei weitem am häufigsten kommt das Filtriren bei *pharma-ischen* und *chemischen* Processen vor. Hierbei ist haupt-lich zu beobachten, 1. dafs das Filtrum von der zu filtri-ten Flüssigkeit nicht zerstört werde, 2. dafs keine Bestand-le von jenem in diese übergehen; 3. dafs die Flüssigkeit h das Filtrum dringe. Hiernach sind wollene Zeuge und es Fliefspapier für alkalische Laugen nicht geeignet, wohl r ungeleimtes Druckpapier und leinene oder auch baumwol-Zeuge; starke Säuren aber können nur durch gewaschenen en Quarzsand oder pulverisirtes Glas filtrirt werden. In bei tem den meisten Fällen bedient man sich des ungeleimten ckpapiers, welches zu diesem Zwecke vorzüglich geeignet ist, t dasselbe kegelförmig zusammen, oder legt es von der Mitte in eine Menge nach oben an Breite zunehmende Falten, stellt einen aus Holzstäbchen oder Glasröhrchen verfertigten kegel-migen Filtrirkorb, oder gewöhnlicher in einen gläsernen Trich-; in welchen man zugleich einige feine Stäbchen von Glas Holz oder Stroh- und Gras-Hälmchen stellt, damit das chseihen nicht durch zu nahes Anliegen an die Wandungen Trichters erschwert werde, welches übrigens bei einem gut lteten Filtro nicht nöthig ist [1].

Die Filtra werden zu gar vielfachen Zwecken gebraucht, zum *Auslaugen*, *Aussüfsen* u. dgl., hauptsächlich aber bei den *lysen*, um die in den Flüssigkeiten aufgelöseten Substanzen den in ihnen unlösbaren zu scheiden. Ist es hierbei blofs die Flüssigkeit und die in ihr enthaltenen Substanzen zu , so wird das Filtrum unbeachtet weggeworfen. Selten ist es aber der Fall, sondern meistens verlangt man nicht blofs Flüssigkeit von den in ihr enthaltenen unaufgelöseten Sub-zen zu trennen, sondern ist dabei zugleich auch genöthigt, Quantität beider nach Mafs und Gewicht zu bestimmen. In Regel aber bleiben Theile der festen Stoffe am Filtro hän-, und wenn die Quantitäten dann geringe sind, so erschwert es eine genaue Gewichtsbestimmung. Um die letztere zu alten, wendet der Chemiker verschiedene, hier nicht sämmt-zu erwähnende Mittel an, unter denen eins der gewöhn-sten ist, das hygroskopisch wirkende Filtrum vorher auf einen

1 Vergl. Encyclopédie methodique III. 163. Klaproth und Wolf mischen Wörterbuch I. 683.

bestimmten Grad der Wärme, z. B. die des siedenden V
zu erheben, zu wiegen, nachher durch einen gleichen Hi
wieder auf gleiche Weise auszutrocknen, und die Quant
adhärirenden Theile durch die Zunahme des Gewichts
stimmen.

Jüngsthin hat DONOVAN[1] einen Filtrir-Apparat ang
vermittelst dessen während der Operation des Filtrirens
tritt der äufseren Luft abgehalten wird, für diejenigen F
denen Bestandtheile aus derselben sich mit der zu filtr
Substanz verbinden könnten. Die ganze Einrichtung ist
Fig. 42. Figur leicht erkennbar. Es ist nämlich a b der Trichter
dessen etwas weite Oeffnung das Filtrum oder die das
bewirkende Substanz eingebracht, und er selbst dann mi
filtrirenden Flüssigkeit angefüllt wird. Das untere Ende
ben ist in das Gefäfs c eingeschmirgelt, und damit die in
enthaltene Luft das Ablaufen der Flüssigkeit nicht hind
seitwärts die gebogene Röhre g angebracht, in deren C
die zweimal rechtwinklich gebogene Röhre eingesc
ist, deren anderes Ende mit einem gleichfalls eingeschm
hohlen Glasstöpsel die obere Oeffnung des Trichters ver
Leichter und wohlfeiler wählt man eine bloſse zweimal g
Glasröhre, und steckt deren Enden durch hohle Kor
womit man zugleich die beiden angegebenen Oeffnung
dicht verschlieſst. Hiernach steigt also die in dem C
comprimirte Luft durch das Rohr wieder über die Flüssi
Trichter, so daſs in beiden Räumen Luft von gleicher
keit enthalten ist, und das Herabflieſsen der schwereren
ren Flüssigkeit nicht gehindert wird. Hebt man die R
in die Höhe, so kann man neue Flüssigkeit in den
nachgieſsen. Ganz unnütz, noch weniger aber zwe
construirt kann dieser Apparat nicht genannt werden, i
nicht bloſs das Verdampfen der Flüssigkeit hindert, sond
besondere auch manche stark hygroskopisch wirkende Fl
ten gegen die Aufnahme der Feuchtigkeit aus der atm
schen Luft schützt. Vermittelst desselben lassen sich da
concentrirte Säuren leicht filtriren, in welchem Falle da
Ende des Trichters ganz unten mit gröberen, weiter he
mit zunehmend feineren Stücken zerstoſsenen Glases angefi

1 Ann. of Phil. N. S. XI. 115.

Vorzüglich hat man sich häufig bemühet, durch die Processe Filtrirens trübes Wasser reiner, klarer und somit angenehmer ıbar zu machen. Dafs völlig in demselben aufgelösete Subzen, namentlich Salze, auf diese Weise nicht aus ihm geeden werden können, man daher nicht vermögend ist, das vasser hierdurch trinkbar zu machen, entdeckte man bald, liefs sich dieses auch aus theoretischen Gründen erwarten, l aber lassen sich die verunreinigenden und trübenden Subzen hierdurch abscheiden. Weil eine solche Filtrirung in Regel im Grofsen geschehen mufs, und keine bedeutende ten verursachen darf, so ahmt man hierbei am besten die nachen Filtrationen nach, und läfst das Wasser durch eine hinlich dicke Lage Sand laufen, welche leicht durch eine neue zt werden kann. Allein das trübe Wasser hat in der Regel ische und vegetabilische Stoffe aufgelöset, welche ihm einen lichen Geschmack geben, der Gesundheit nachtheilig sind, durch eine solche einfache Filtrirung nicht abgeschieden len können; dennoch aber liegt gar viel daran, hiergegen ein el zu finden, da manche Gegenden kein anderes als auf sol-Weise verunreinigtes Wasser haben. Als daher Lowitz ntiseptische oder fäulnifszerstörende Eigenschaft der frischen kohle entdeckt hatte, benutzte man diese Substanz zu dem nten Zwecke. Lowitz selbst wandte $\frac{1}{12}$ des Gewichtes h ausgeglühete und pulverisirte Holzkohle an, mischte das ine Wasser damit und filtrirte es dann, oder er liefs dasselbe h die festgestampften pulverisirten Kohlen filtriren[1]. Es er- sich indefs bald, dafs dieses Mittel zwar genügend, aber rofsen zugleich mühsam und kostspielig ist. Nachher entkte er, dafs ein Zusatz von Schwefelsäure die reinigende ft der Kohlen bedeutend verstärke, indem 24 Tropfen Schwefure zu 6 gros Kohlenpulver getröpfelt die Kraft des letzteso sehr erhöheten, dafs es nur $\frac{1}{69}$ desselben dem Gewichte h bedurfte, um dem Wasser seinen faulen Geschmack zu hen. Aber auch dieses Mittel ist wegen seiner Kostbarkeit Weitläuftigkeit nicht in Anwendung gekommen, aufser in sogenannten unveränderlichen Filtrirapparaten, welche noch kurze Erwähnung verdienen.

---

1. Nov. Act. Pet. VI. Hist. p. 63. Ebend. X. 187. und ein ausführr Nachtrag ebend. XV. 326. Vergl. Ann. de Chim. XVIII. 88.

Im Anfange dieses Jahrhunderts nämlich machten [1]
Cuchet und Montfort in Paris die von ihnen erfu
Wasserreinigungsmaschinen unter dem pomphaften Nam
unveränderlichen Filtrir-Apparate (filtres inalter
filtres depuratoires, fontaines filtrantes) bekannt
zeigten auch durch einige angestellte Versuche die ungla
Kraft derselben, indem höchst unreines, stinkendes u
modernden thierischen Stoffen gesättigtes Wasser oder
geist in die Maschine gegossen wurden, und ganz rein
und trinkbar abliefen. Wegen dieser Wirkungen und un
Voraussetzung, dafs die Apparate diese ihre Kraft unve
lich beibehalten würden, schafften sich viele dieselben a
geachtet ihrer Kostbarkeit. Als sie aber von einigen Sa
nern aus einander genommen und näher untersucht wurd
gab sich bald, dafs sie ganz nach dem *Lowitz'schen P*
construirt waren, und daher auf die Eigenschaft der Ur
derlichkeit durchaus keinen Anspruch machen konnten.
standen nämlich aus einer Lage Badeschwamm, um di
sten Unreinigkeiten zurück zu halten, und unter dieser
wechselnden Schichten von Sand und Kohlenpulver,
der erstere die feineren verunreinigenden Stoffe mechani
rück hielt, letzteres aber die eigentliche Zerstörung de
bewirkte. Es ergab sich sonach eben so klar aus theor
Gründen als aus genauen prüfenden Versuchen einer
hierzu vereinigten Commission, dafs sie ungeachtet ih
fänglichen auffallenden Wirkungen ihre Kraft bald v
mufsten, weil die Badeschwämme verstopft und die
allmälig mit den verunreinigenden Substanzen gesättigt w
In einigen, etwas längere Zeit wirksamen Maschinen
auch aufser den angegebenen Schichten abwechseln
Braunstein und Sand gefunden, indem der Braunste
stark antiseptisch wirkt, aber wegen leicht möglicher und sc
controlirender Verunreinigung mit nachtheiligen Substanz
Pfaff[2] verworfen werden mufs. Uebrigens war die I
tung dieser Maschinen, welche auch an verschiedenen

1 Ann. de Chim. LI. 36. Scherer's allg. Journ. d. Chem.
Gehlen's neues allg. Journ. d. Chem. IV. 449. G. XIII. 108. X

2 Ueber einfache und wohlfeile Wasserreinigungsmaschin
1813. S. 7.

ten, namentlich durch Dr. Pinçon in Hamburg nachgemacht rden, im Allgemeinen dieselbe, mit dem bedeutenden Unschiede, dafs in den meisten das Wasser von oben durch die schiedenen läuternden Schichten dringt und unten abgezapft d, bei einigen aber zur Erreichung eines gröfseren Effectes rst durch eine Reihe von Schichten herabsinkt, und dann ch eine zweite wieder hinauf getrieben wird, um über deren abgelassen zu werden, oder umgekehrt.

Die gerügten Mängel der beschriebenen Filtrirapparate und hoher Preis bewirkten, dafs sie des anfänglich von ihnen achten Aufhebens ungeachtet bald wieder in Vergessenheit then, und an den meisten Orten sind sie auch schlechthin üssig, weil man nicht leicht Grund hat, faules Wasser bar zu machen, und sie daher hauptsächlich nur als physiche Merkwürdigkeit einigen Werth haben konnten. In sol- Gegenden übrigens, wo die Natur des Bodens nur moriges trübes Wasser darbietet, z. B. in marschlandigen und torfen Districten, ist die Reinigung des Wassers im Grofsen t aus Rücksichten auf die Gesundheit ein dringendes Beifs. Eine Maschine, womit sich dieses einfach, bequem ohne grofse Kosten erreichen läfst, hat C. H. Pfaff[1] auslich beschrieben, und sie ist um so mehr zu empfehlen, als ihre Brauchbarkeit durch die Erfahrung bestätigt hat. Der e, in beliebiger Gröfse nach dem jedesmaligen Bedürfnisse führende Apparat besteht aus drei Stücken, welche am n getrennt werden, sich aber leicht aus einander nehmen n, der Dauerhaftigkeit wegen von Eichenholz, zur Verung eigener Fäulnifs inwendig leicht verkohlt und zur grön Haltbarkeit mit eisernen Bändern beschlagen seyn müs- Fig. 43.
Es ist dann A ein gewöhnlicher Eimer, welcher oben mit n Deckel zu gröfserer Reinlichkeit verschlossen seyn kann, h aber auf einem Brete feststeht, wodurch zugleich das Einjen des Staubes verhütet wird. In diesen wird das zu filtrie Wasser gefüllt, und läuft in sehr feinen Strahlen oder t nur tropfenweise durch drei in der Mitte dicht neben einr im Boden befindliche Löcher, welche durch gemeine Bahwämme verstopft sind. Unter diesem Gefäfse befindet die eigentliche Filtrirtonne, eine gewöhnliche Tonne, wel-

1 a. a. O.

indeſs wenigstens 2 F. hoch seyn muſs, damit der vom W ser zu durchlaufende Weg nicht zu kurz werde. Im oberen beweglichen Deckel befinden sich einige Löcher um Mitte herum, damit das durch die Schwämme dringende W durchflieſsen könne, dessen Quantität davon abhängt, ob Schwämme im Boden des Gefäſses A, deren Zahl nach B den bei gröſserem Durchmesser des ganzen Apparates auch mehrt werden kann, fester oder loser eingedrückt sind. Tonne hat zwei eiserne Handhaben, um sie bequem abh zu können, und ruhet vermittelst eines Bretes auf dem un Gefäſse C, welches zur Aufnahme des filtrirten Wasser stimmt, zum Ablassen desselben mit einem Hahne vers und auf eine Unterlage gestellt ist, um das Wasser bequ geeigneten Gefäſsen auffangen zu können.

Bei den einzelnen Theilen ist dann noch Folgendes z merken. Das wesentlichste Stück des ganzen Apparates is
Fig. 44. eigentliche Filtrirtonne. Sie enthält zu oberst eine Lage welcher vorher geschlemmt und gewaschen seyn muſs, er keine lehmige und erdige Theile mehr enthält. Hierauf eine starke Lage Kohlen von der Gröſse einer Wallnuſs b der einer Erbse, so daſs die gröberen unten, die mittler der Mitte und die feinsten oben liegen. Sie können von Art Holz seyn, jedoch sind die glänzenden und klingende besten, auch müssen sie vorher gewaschen werden, bis si Wasser nicht mehr schwärzen. Vor allen Dingen hat ma hin zu sehen, daſs sie völlig ausgebrannt sind, und thut wohl, sie in bedeckten hessischen Tiegeln oder eiserne fäſsen unmittelbar vor dem Gebrauche auszuglühen, b durchaus keinen Rauch mehr geben[1]. Unter den Kohlen

---

1 Da die Anlegung solcher Filtrirapparate in vielen sum Gegenden selbst auf dem platten Lande der Gesundheit weg dürfniſs werden kann, wo man indeſs keine erfahrne Technik trifft, so will ich hinzusetzen, daſs das Ausglühen der Kohle einzige bei der Construction vorkommende ungewöhnliche Arbei sehr leicht bewerkstelligt wird, indem die hessischen Tiegel aus Apotheke zu haben sind, und zum Behuf dieses Glühens belie gebraucht werden können, wenn man sie nicht durch groſse U sichtigkeit zerbricht. Bedeckt werden sie mit einem gewöhnlich denen, am besten an der inneren Seite nicht glasirten, Deckel man thut wohl, diesem in der Mitte ein Loch zu geben, bein

dritte und unterste Lage, welche aus groben, vorher gleich- rein ausgewaschenem Kiessande besteht, dessen Druck ge- den unteren, im Boden der Filtrirtonne befindlichen, Bade- wamm durch einen umgestürzten Topf verhindert wird. Dafs lich das durch die drei genannten Lagen filtrirte Wasser zu- t durch den im Boden befindlichen Schwamm in das untere, Aufbewahrungsbehälter dienende Gefäfs läuft, ist aus der hnung für sich klar.

Sollen diese Maschinen die gewünschten Dienste leisten, so ei ihnen die höchste Reinlichkeit erforderlich. Daher müs- die Schwämme von ihrem Gebrauche ausgekocht und in en Wasser so lange ausgewaschen werden, bis das Was- s ihnen klar abläuft. Ferner müssen das obere und untere s alle 8 bis 14 Tage ausgewaschen und gereinigt werden, dieses erstreckt sich auch auf die dann herauszunehmenden wämme des oberen Eimers, auch ist es gut, wenn der Apparat auswärts mit Oelfarbe angestrichen ist. Die ei- che Filtrirtonne dagegen hat eine ungleich längere Dauer, a diese sich der Erfahrung nach auf 2 bis $2\frac{1}{2}$ Jahre erstreckt, dafs das filtrirte Wasser eine Abnahme der Wirkungsfähig- zeigt; jedoch mufs die obere Sandlage alle drei Monate mit n Löffel abgenommen und erneuert werden. Indem man viel reines Wasser zum Reinigen der Substanzen bei der ellung des Apparates gebraucht, das Bedürfnifs desselben in den heifsen Monaten am stärksten ist, weil dann das er flacher Brunnen in solchen Gegenden leicht einen fauli- Geschmack annimmt, so kann die Herstellung oder Erneue- des Apparates in solchen Jahreszeiten vorgenommen wer- in denen am meisten klares Wasser vorhanden ist. An- Apparate, welche zur Reinigung des Wassers durch Filtri- vorgeschlagen sind, von dem beschriebenen aber in kei- wesentlichen Stücke abweichen, übergehe ich der Kürze n mit Stillschweigen.

---

aber die zwischenbleibenden Fugen mit Lehm zu verstreichen, diesen vorher trocknen zu lassen, um die etwa entstehenden erst auszubessern. Endlich kann jeder Hafner einen inwendig glasirten Topf für diesen Zweck verfertigen, oder man kann ihn feifenthon herstellen lassen. Das Ausglühen der Kohlen geschieht dem Verhältnifs der Gröfse dieser Töpfe eine halbe bis eine e Stunde in gewöhnlichem Kohlen- oder Torf-Feuer.

Nur eine kurze Erwähnung verdient noch der tragbare Filtrirapparat, welchen Chenevix[1] vorgeschlagen hat, und bei welchem bloſs die Kohle zum Reinigen des Wassers dient. Das Ganze besteht aus einem cylindrischen Gefäſse von Weiſsblech, unten mit einem sehr stumpfen Trichter. Oberhalb des letzteren wird ein kreisrundes Blech eingelegt, dessen halbe Fläche mit sehr feinen Löchern versehen ist. Ueber dieses Blech werden zerstoſsene und gesiebte Kohlenstückchen von der Gröſse der Schieſspulverkörner gelegt, und mit einem ähnlichen Bleche bedeckt, bei welchem gleichfalls nur die eine Hälfte mit kleinen Löchern versehen ist, über welchem dann ein Raum zum Eingieſsen des zu filtrirenden Wassers bleibt. Die durchlöcherten Hälften beider Bleche stehen einander in der Art gegenüber, daſs eine jede der undurchlöcherten des anderen parallell liegt, wodurch also das Wasser genöthigt wird, durch die Löcher des oberen Bleches zu flieſsen, dann die Schicht des Kohlenpulvers in schräger Richtung zu durchdringen, und aus der unteren Oeffnung des Trichters abzulaufen. Ein diesem ähnlicher, von Paul in Genf vorgeschlagener Filtrirapparat[2] benutzt bloſs Sand zum Reinigen des Wassers. Er besteht aus lauter ähnlichen in einander gesetzten Cylindern, deren mittelster mit Sand erfüllt ist und zur Aufnahme und ersten Durchseihung des Wassers dient. Das durchgelaufene Wasser steigt in dem Sande des zweiten Cylinders in die Höhe, gelangt an das obere Ende des dritten Bechers, um in dem Sande desselben abermals herab abzusinken, und so fort nach der Zahl der in einander stehenden Cylinder, worauf es zuletzt unten abläuft. Ist die Zahl dieser Cylinder etwas groſs, so wird der Apparat hierdurch stets weniger tragbar, dessen Construction übrigens ganz einfach ist, auch könnte man leicht einige Lagen Sand mit Kohlen vertauschen, um seine Kraft dadurch zu verstärken. Am zweckmäſsigsten für den ökonomischen Gebrauch bleibt immer allezeit der von Pfaff angegebene, und deswegen auch ausführlicher beschriebene Apparat. *M.*

---

1 Bibl. Brit. XXXVI. 199.

2 Annales des Arts et Manufactures XLV. 326.

Finsternisse.

…rfinsterungen der Himmelskörper, *…lipses*[1] s. *Defectus Solis vel Lunae;* Éclipses; *…lipses.*

Der Mond sowohl als die Sonne werden zuweilen während …am heiteren Himmel stehen, ganz oder zum Theil unsicht- …oder verfinstert; diese Verfinsterungen heiſsen *total*, wenn …Himmelskörper nach seiner ganzen Gröſse unsern Augen …eckt oder beschattet ist, *partial* dagegen, wenn noch ein …l des Himmelskörpers in seinem gewöhnlichen Lichte sicht- …leibt. Auch die Monde anderer Planeten, namentlich die …-Monde, werden zuweilen auf ähnliche Weise verfinstert.

Mondfinsternisse.

Wenn der Mond ganz erleuchtet erscheint, beim Vollmonde, …eht man ihn zuweilen sein Licht nach und nach so verlie- … als ob eine dunkle Scheibe von Osten gegen Westen vor …ückte, ihn zuerst immer mehr verdeckte und dann, bei ihm …rückend, ihn wieder verlieſse. Wir sagen dann, es sey *Mondfinsterniſs*, *Eclipsis lunae*; Éclipse de la …e; *Eclipse of the Moon*. Da die Mondfinsternisse …ann statt finden, wenn es Vollmond ist, und überdies nur …r Zeit, da der Mond sehr genau der Sonne gegenüber …, so können wir über die Ursache dieser Erscheinung nicht …zweifelhaft seyn. Die Erde, als eine dunkle Kugel, muſs … Zweifel nach der von der Sonne abwärts gekehrten Seite einen Schatten werfen, der, weil die Erde kleiner als die …e ist, kegelförmig seyn, doch aber sich bis zu einer grö- … Entfernung hin, als wo der Mond sich befindet, erstrecken …. Geht der Mond durch diesen Schatten, so wird, so lange …och nicht ganz in den Schatten getreten ist, der kreisför- … Umriſs des Schattens sich auf der Oberfläche des Mondes …en oder es wird sich die Erscheinung so darstellen, als ob dunkle Scheibe den Mond zum Theil bedeckte; je mehr Mond gegen den Mittelpunct des Schattens zurückt, desto …r wird sich sein noch erleuchteter Theil verkleinern, und

---

1 Von ἐκλείπω, deficio.

dieser wird endlich ganz verschwinden, nach einiger Zeit abe
wenn der Mond den Raum des Erdschattens durchlaufen ha
zeigt er sich an der andern Seite desselben wieder austreten
und erscheint endlich wieder in vollem Lichte. Da der Mon
sich schneller als die Sonne scheinbar unter den Sternen vo
Westen nach Osten fortbewegt, so erreicht seine Ostseite zuer
den Erdschatten und die dunkle Scheibe scheint daher von Ost
her vor ihm vorbei zu rücken.

Wenn der Mond bei seiner Bewegung um die Erde gen
in der Ekliptik bliebe, so würde er bei jedem Vollmonde d
Sonne gerade gegenüber stehen, und der Schatten der Er
würde bei jedem Vollmonde auf ihn fallen; aber die Mondb
ist gegen die Ekliptik geneigt und durchschneidet diese nur
zwei einander gerade gegenüber liegenden Puncten, den *Knot
der Mondbahn*; aus diesem Grunde geht der Mond beim Vol
monde weit öfter neben dem Erdschatten vorbei, als er von de
selben erreicht wird, und die meisten Vollmonde zeigen sic
uns ohne Verfinsterung. Nur dann, wenn der Vollmond na
genug mit dem Eintritte in den Knoten zusammen trifft, od
wenn der Mond beim Vollmonde nur sehr wenig von der Eklipt
entfernt steht, wird er verfinstert, und die Bestimmung derje
gen Vollmonde, die eine Mondfinsternifs darbieten, hängt d
her davon ab, dafs man wisse, wo die Mondbahn die Eklip
schneidet. Wenn diese Knoten, wie es im Jahre 1828 der Fa
ist, im Stier und im Scorpion liegen, das heifst, in den Puncte
der Ekliptik, wo uns die Sonne gegen Ende des April's und d
October's erscheint, so können auch nur die Vollmonde d
ungefähr in diese Zeiten fallen, Mondfinsternisse darbiet
Blieben die Mondknoten immerfort unveränderlich in denselb
Puncten der Ekliptik, so würden die Mondfinsternisse stets n
in gewissen Jahreszeiten sich ereignen; da aber die Durch
schnittspuncte der Mondbahn mit der Ekliptik in 18 Jahren be
nahe durch den ganzen Umfang der Ekliptik fortrücken, so tre
fen in verschiedenen Jahren die Mondfinsternisse in verschiede
Jahreszeiten und nach bestimmten Perioden kommen sie wi
der in dieselben Jahreszeiten.

Um für einen bestimmten Vollmond zu finden, ob d
Mond verfinstert werde, mufs man den scheinbaren Durchme
ser des Erdschattens in der Gegend, wo der Mond durch de
selben, oder vielleicht an demselben vorbei geht, berechne

Mittelpunct des Erdschattens liegt allemal in der Ekliptik wenn zu der Zeit, da der Mittelpunct des Mondes sich dem lpuncte des Erdschattens am nächsten befindet, der Ab- beider von einander mehr, als die Summe der scheinbaren messer beider beträgt, so geht der Mond unverfinstert an Erdschatten vorbei. Um zuerst den wahren Durchmesser Erdschattens tr an dem Orte, wo der Mond durchgeht, zu en, hat man Folgendes zu berücksichtigen. Fig. 45.

Wenn SCH die Linie durch der Erde und der Sonne Mit- ct ist, BTH beide Körper berührt, so sind die auf BH chten Halbmesser beider Körper mit einander parallel und

$$SH : CH = SB : CT$$

$$\text{oder} \quad CH = \frac{CS \, . \, CT}{SB - CT}.$$

ey die Bahn des Mondes, mr der Halbmesser des Erd- ns in der Gegend, wo der Mond sich befindet, so ist

$$mr : CT = Hm : CH,$$

$$\text{der} \quad mr : CT = CH - Cm : CH,$$

$$\text{s ist } mr = CT\left(1 - \frac{Cm}{CH}\right)$$

$$= CT - \frac{Cm \, . \, (SB - CT)}{CS}.$$

Vom Mittelpuncte der Erde aus gesehen, erscheint mr un- m Winkel mCr, den man $= \frac{mr}{Cm}$ setzen kann, weil bei inen Winkeln, der Bogen mit der Tangente verwech- werden kann. Der scheinbare Halbmesser des Erdschat- ist also $= \frac{CT}{Cm} - \frac{SB}{CS} + \frac{CT}{CS}$, und hier ist $\frac{CT}{Cm}$ der nbare Halbmesser der Erde vom Monde aus gesehen, $\frac{SB}{CS}$ cheinbare Halbmesser der Sonne von der Erde aus gesehen, $\frac{CT}{SC}$ der scheinbare Halbmesser der Erde von der Sonne aus en. Der scheinbare Halbmesser der Erde vom Monde aus en stimmt mit der Parallaxe des Mondes, der scheinbare nesser der Erde von der Sonne aus gesehen stimmt mit der laxe der Sonne überein, und es ist daher der scheinbare

ndern Ortes gestellten Uhren finden kann. Die Unsicher- welche der Halbschatten in die Bestimmung des Eintrittes inzelnen Flecken in den Schatten bringt, verursacht aber, diese Längenbestimmungen nicht bis auf kleine Zeittheile r seyn können.

Die *Gröfse* der Mondfinsternisse pflegt man nach Zollen und igsteln dieser Zolle, welche man Minuten nennt, anzuge- Man theilt nämlich den Durchmesser des Mondes in 12 e, die hier Zolle genannt werden, und wenn bei der en Verfinsterung der breiteste Theil des unverfinsterten les nur 1 Zoll beträgt, so ist es eine Finsternifs von 11 Zol- Wenn bei der gröfsten Verfinsterung der Rand des Erd- ens gerade auf den Mondrand fiele, so dafs der Mond verdunkelt wäre, so hiefse die Finsternifs 12 zöllig; dagegen der Mond so tief in den Erdschatten eindringt, dafs der ere Erdschatten da, wo er dem Mondrande am nächsten och $\frac{1}{12}$ oder $\frac{2}{12}$ des Monddurchmessers über den Rand hin- icht, so heifst die Finsternifs 13 Zoll oder 14 Zoll grofs; hieraus erklärt es sich, wie es Mondfinsternisse von 20 21 Zoll geben kann.

Die Erscheinung, welche der Mond uns bei Mondfinster- n darbietet, ist verschieden, indem der Mond bei der to- Verfinsterung zuweilen ganz unsichtbar wird, zuweilen noch mit einem kupferfarbenen Lichte erscheint. Die finsternisse, wo der Mond ganz unsichtbar wird, sind ; Kepler giebt die vom 9. December 1601 und n. 1620 als solche an[1], und Hevel versichert[2], dafs am 25. April 1642 den Mond bei der gänzlichen insterung selbst durch Fernröhre nicht habe auffinden kön- , obgleich der Himmel vollkommen heiter war. Hevel iefst hieraus mit Recht, dafs der Mond kein eigenes t besitze. In unsern Tagen verschwand der Mond gänz- am 10. Juni 1816[3], und erst kurz vor dem Ende der tota- Verfinsterung bemerkte man einen neblichen Lichtschimmer, her zunahm, bis der helle Mondrand hervortrat. Das rothe t, welches der Mond oft noch bei der totalen Verfinsterung

1 Epist. astron. Copern. Lib. V.
2 Selenographia p. 117.
3 Astron. Jahrb. für 1819. S. 263.

zeigt, ist ohne Zweifel eine Wirkung der Strahlenbrechu der Atmosphäre der Erde, welche nämlich die Lichtstrahle krümmt, daſs sie von allen Seiten her in den Raum hinein langen, welcher bei geradem Fortgange der Lichtstrahlen kein Licht empfangen würde. Man bemerkt daher auch, dieses Licht da am schwächsten ist, wo der Mittelpunct Erdschattens liegt, oder daſs die Seite des Mondes am dur sten erscheint, welche dem Mittelpuncte des Schattens nächsten liegt. Die Verschiedenheit, welche sich in die durch Refraction auf den Mond fallenden Lichte zeigt, wohl in dem verschiedenen Zustande der Erd-Atmosphär ren Grund haben, und die Meinung, daſs die Mondfinster zur Zeit der Nachtgleichen am meisten Licht auf dem verfin ten Monde zeigen, weil an den Polen alsdann, um die Zeit Sonnen-Aufgangs und Untergangs, vorzüglich starke Stra brechung statt findet, würde viel für sich haben, wenn Hevel's Beobachtung ein Beispiel vom Gegentheil gäbe.

Durch die Strahlenbrechung ist es auch möglich, den finsterten Mond schon vor dem Augenblicke des schein Sonnen-Unterganges über dem Horizonte zu sehen. W der Mond, vom Mittelpuncte der Erde gesehen, ganz genau Sonne gegenüber stände, so würde er, ohne Mitwirkung Refraction, etwas später aufgehen, als die Sonne unterg weil wir ihn der Parallaxe wegen etwas später aufgehen se diesen Unterschied hebt die Refraction gänzlich auf, und kann daher der verfinsterte Mond aufgehen, ja selbst der l telpunct des Erdschattens kann über dem Horizonte erschei wenn die Sonne noch nicht untergegangen ist.

Sonnenfinsternisse.

Eclipses s. Defectus Solis; Éclipses du Sol *Solar-Eclipses.*

Zur Zeit des Neumondes sehen wir zuweilen die S durch eine von Westen nach Osten scheinbar vor ihr vo rückende Scheibe verfinstert werden. Diese Verfinsterung sich nicht an allen Orten gleich und kann also nicht in ei wirklichen Dunkelwerden der Sonne bestehen, sondern die gleichheit der Erscheinung des Mondes ist gerade so, wi seyn würde, wenn ein runder, undurchsichtiger, uns viel

ils die Sonne stehender Körper, vor sie tretend, uns ihr t entzöge. Da zur Zeit des Neumondes der Mond neben Sonne vorbei geht, und da überdies die Sonnenfinsternisse nur dann ereignen, wenn der Neumond nahe mit dem Knoder mit dem Durchgange des Mondes durch die Ekliptik amen trifft, so ist es nicht schwer zu errathen, daſs der d es ist, der uns den Anblick der Sonne entzieht.

Wir unterscheiden *partiale* oder theilweise Verfinsterunder Sonne von den *totalen* oder gänzlichen Verfinsterun- und ferner *centrale* Verfinsterungen, wo der Mittelpunct Mondes vor dem Mittelpuncte der Sonne vorbei geht, von n, die nicht central sind. Da die Sonnenfinsterniſs nicht an Orten, wo sie sichtbar ist, gleich erscheint, so pflegt man Orte vorzüglich anzugeben, denen sie central erscheint, nur dann, wenn der Mittelpunct des Mondschattens nicht die Erde trifft, giebt es keinen Ort, wo auf der Erde die sterniſs central wäre. Da wo die Finsterniſs genau oder h beinahe central ist, erscheint sie entweder *total* oder *ringmig*; das erstere dann, wenn der Mond uns nahe genug ist, die Sonne ganz zu verdecken; das andere, wenn er zu entt ist, und daher von kleinerm Durchmesser als die Sonne heint. In seltenen Fällen kann dieselbe Finsterniſs am ei- Orte total, am andern nur ringförmig erscheinen. Indem lich der Mittelpunct des Mondschattens über der Erde fortt, trifft er nach und nach auf Orte, die ungleich entfernt n Monde sind; diejenigen Beobachter also, welche bei der tralen Verfinsterung den Mond in oder nahe an ihrem Zenith icken, sehen ihn erheblich gröſser, als andere, denen er kurz ler oder nachher die aufgehende oder untergehende Sonne nstert; daher kann, wenn der scheinbare Durchmesser des des, vom Mittelpuncte der Erde aus gesehen, um etwas iges kleiner ist als der scheinbare Durchmesser der Sonne, Verfinsterung total seyn an den Orten, wo die Sonne nahe enith central verfinstert erscheint, ringförmig da, wo man Sonne central verfinstert aufgehen oder untergehen sieht[1]. An einem bestimmten Orte kann ferner die totale Verfinste-

v. Zach führt ein Beispiel einer solchen Finsterniſs an. Corrd. astron. III. 288, wo noch mehr historische Notizen über nfinsternisse vorkommen.

rung *ohne Dauer* oder *mit Dauer* seyn, je nachden scheinbare Durchmesser des Mondes nur gerade zureicht Sonne zu verdecken, oder grösser ist. Die gröfste Dau totalen Verfinsterung ist 5 Minuten.

Die Berechnung der Sonnenfinsternisse wird durch d rallaxe des Mondes, vermöge welcher derselbe an jedem eine andere Lage gegen die Sonne hat, sehr erschwert. V man die Rechnung blofs für den Mittelpunct der Erde führe könnte dieses ziemlich eben so wie bei den Mondfinstern geschehen, aber dieses reicht nicht zu, da auf der Ober der Erde Sonnenfinsternisse statt finden können, wenn au Schatten des Mondes den Mittelpunct der Erde gar nicht t könnte. Um zuerst zu bestimmen, wie weit der Mond dem Mittelpuncte der Erde gesehen, noch von der Sonne fernt seyn kann, wenn er schon für einige Orte auf der
Fig. 47. die Sonne zu verfinstern anfängt, sey CS die vom Mittelp C der Erde nach dem Mittelpuncte der Sonne gezogene l Ar sey mit ihr parallel und As mache einen der Sonnenp axe gleichen Winkel $= 8\frac{3}{4}'' = p$ mit ihr, so sieht der Beo ter in A den Mittelpunct der Sonne nach der Richtung sAt sey dem scheinbaren Halbmesser der Sonne, tAv scheinbaren Halbmesser des Mondes gleich, und diese l messer will ich q und Q nennen, so ist, wenn der l sich in tv befindet, SCv der geocentrische Abstand des l des von der Sonne. Offenbar aber ist $Sr = CA$ und w der bedeutenden Entfernung des Mondes $SCr = CvA =$ der Parallaxe des Mondes, und $SCs = P - p$; rC $rAv = q + Q$, also der geocentrische Abstand des M Mittelpunctes vom Mittelpuncte der Sonne $= P - p + Q$ Eine Sonnenfinsternifs fängt also auf der Erde an, wenn de Westen her gegen die Sonne zu rückende Mond den Al erreicht hat, welcher aus der Sonne der scheinbaren l messer und dem Unterschiede der Parallaxen zusammen g ist; hat der Mond östlich von der Sonne eben den Abstand v erreicht, so endiget sich für die Bewohner der Erde, w die Sonnenfinsternifs zuletzt sahen, diese völlig; erreic Mond gar nicht diese Nähe oder ist seine Breite zur Ze Neumondes gröfser, so sieht kein Bewohner der Erde die verfinstert, der Mondschatten geht an der Erde vorbei.

Die eben angegebene Bestimmung giebt die Grenze

ıenfinsternisse überhaupt an. Will man aber wissen, wie bei der Sonne der Mond, geocentrisch beobachtet, stehen , damit die Finsternifs auf der Erde irgendwo central sey, hellet, dafs dann der von A aus gesehene Mittelpunct des des mit dem Mittelpuncte der Sonne zusammen fallen oder der Richtung A s erscheinen mufs, so dafs der geocentri- Abstand beider Mittelpuncte = SCs = P — p dem Unter- de der Parallaxe gleich wird. Hieraus läfst sich also Dauer der Central - Verfinsterung für die ganze Erde an- n, und diese Verfinsterung ist zugleich total, wenn der inbare Halbmesser = Q des Mondes gröfser als der schein- Halbmesser der Sonne = q ist. Um so viel, als der rschied Q — q beträgt, kann der geocentrische Abstand ler Himmelskörper gröfser seyn, ehe die totale Verfinsterung rt, und P — p + Q — q ist der geocentrische Abstand für ang und Ende der totalen Finsternifs. Eben so ist P — p + q — Q geocentrische Abstand für Anfang und Ende der ringförmi- Verfinsterung, wenn die Sonne gröfser als der Mond erscheint. Da P = 62′ der gröfste Werth ist, welchen die Parallaxe des ndes je erreicht, und Q = 16′ 55″, q = 16′ 18″ die gröfsten rthe der Halbmesser beider Himmelskörper sind, p aber . an 9″ ist, so giebt 62′ — 0′ 9″ + 16′ 55″ + 16′ 18″ die se = 1° 35′ der Breite an, welche der Mond im Neumond n mufs, wenn gewifs keine Sonnenfinsternifs mehr eintre- soll. Aber da P, Q, q klein seyn können, nämlich = 53′; 15′ 34″; = 15′ 45″, so ist 53′ — 0′ 9″ + 15′ 34″ + 15′ 45″, r 1° 24′ 10″ die kleinste Grenze, wobei der Mond noch, e eine Finsternifs zu veranlassen, bei der Sonne vorbei ge- kann, und so wie bei einer Breite gröfser als 1° 35′ 4″ ge- keine Sonnenfinsternifs statt findet, so mufs dagegen noth- dig eine eintreten, wenn seine Breite beim Neumonde klei- als 1° 24′ 10″ ist; und jene Grenze findet statt, wenn er einer Bahn noch beinahe 18½ Grad, diese Grenze, wenn icht völlig 15½ Grad vom Knoten entfernt ist. Die Gren- der Sonnenfinsternisse sind als sehr viel ausgedehnter als der Mondfinsternisse, und da der Ort der Sonne zwischen Neumonden sich nur um 29 Grade ändert, so tritt bei jedem mmentreffen der Sonne mit dem Knoten der Mondbahn we- ens *eine* Sonnenfinsternifs ein; es kann aber auch eine vor eine nach dem Eintreffen in dem Knoten sich ereignen, wenn

die Sonne ziemlich mitten zwischen zwei Neumonden den l
ten erreicht. Wenn der Neumond sehr nahe mit dem Ei
ten der Sonne in den Knoten der Mondbahn zusammen
so ist die Finsternifs auf der Erde irgendwo central; aber
ist sehr oft beim vorhergehenden und folgenden Vollmond
Entfernung vom Knoten schon zu grofs, um eine Mondfi
nifs zu gestatten. Ist dagegen der Vollmond nahe beim Kı
so ist eine totale Mondfinsternifs, und bei dem vorhergeh
so wie bei dem folgenden Neumonde treten kleine Son
finsternisse ein. Hiernach läfst sich die Verschiedenhei
Anzahl und Gröfse der Sonnen- und Mondfinsternisse in
schiedenen Jahren ungefähr beurtheilen.

Auch die Perioden der Wiederkehr ähnlicher Finste
lassen sich nun übersehen. Wenn in einem bestimmten
eine Sonnenfinsternifs genau oder doch nahe mit dem Ki
zusammen getroffen ist, so trifft im nächsten Jahre der in
selben Monate sich ereignende Neumond 11 Tage früher,
bei einem Stande von der Sonne, der etwa 11° hinter des
rigen zurückliegt; der Knoten der Mondbahn ist aber 19
zurückgegangen, und der Mond ist also bei dem Neumonde
des Monates etwa 8 Grade vom Knoten entfernt, daher de
rigen grofsen Sonnenfinsternifs nun nur eine kleinere folgt
folgenden Jahre ist der Abstand 16 Grade, und es erfol
lenfalls bei dem so bestimmten Neumonde noch eine k
aber gewifs keine erheblich grofse Sonnenfinsternifs. W
man eben die Betrachtung auf Mondfinsternisse an, so wü
zweiten Jahr nach einer sehr grofsen Mondfinsternifs in eb
Jahreszeit der Mond gar nicht verfinstert. Zum Beispiel
Mai 1826 war eine totale Mondfinsternifs, (bei welch
doch der Mond nicht so ungemein nahe bei dem Knote
am 11. Mai 1827 eine partiale Mondfinsternifs; aber in
oder Mai 1828 wird keine Mondfinsternifs seyn; dagege
1828 zwei Sonnenfinsternisse in den mittleren Gegend
Erde central, statt dafs im Jahre 1827 die Sonnenfinst
um einen der Pole der Erde central erschienen, und
die grofsen Mondfinsternisse nur kleine Sonnenfinsternisse
sich hatten.

Der Knoten der Mondbahn rückt so rückwärts, dafs
er einmal mit dem Neumonde zusammen traf, er nach 18
und 10 bis 11 Tagen wieder mit ihm zusammen trifft. De

ewegt sich in 365 Tagen durch 19° 19',75; also in 18 ge-
en Jahren durch 347° 47'; unter 18 gemeinen Jahren sind
4 oder 5 Schaltjahre, und 18 wirkliche Jahre bestehen da-
us 4 oder 5 Tagen mehr als den eben berechneten. Lege
ußer diesen im ersten Falle noch 11 Tage zu den ohne
ltag berechneten Jahren, so ist für diese 15 Tage der Rück-
der Knoten noch 48 Min., also in 18 Jahren 11 Tagen
35'. Der Knoten ist also noch 11 Grade von dem Orte,
r zu Anfang jener Zeit einnahm, und da die Sonne um so
als 11 Tagen zukommt, weiter vorgerückt ist, als zu An-
jener Zeit, das ist 11 Grade weiter, so steht sie nach
hren 11 Tagen wieder im Knoten. Aber auch der Mond
ieder im Neumonde, indem 223 Mondmonate 6585⅓ Tage,
ist 18 gemeine Jahre und 15⅓ Tage oder 18 richtige Jahre
10⅓ oder 11⅓ Tage ausmachen; es ist also wieder eine
enfinsterniſs wie vor 18 Jahren 11 Tagen und zwar fast
n so nahe beim Knoten, also ziemlich eben so groſs. Da
ſs das Zusammentreffen des Neumondes mit dem Knoten
t ganz genau ist, so findet eine kleine Aenderung der Fin-
nisse statt, nach 36 Jahren 21 Tagen würde diese noch mehr
agen und nach oftmaligem Verlauf der Periode die Ueber-
timmung nicht mehr statt finden. Auf diese Art stimmte die
den nördlichen Gegenden ringförmige Sonnenfinsterniſs am
Aug. 1802 mit der gleichfalls in der nördlichen Halbkugel
förmigen Sonnenfinsterniſs am 7. Sept. 1820 überein. Diese
ode von 223 Mondmonaten ist zwar in neuern Zeiten
Halley'sche Periode genannt worden, sie ist aber die-
, welche nach PTOLEMAEUS schon den alten chaldäischen
ematikern bekannt war, und die sie *Saros* genannt ha-
[*]. Aehnliche Perioden der Wiederkehr der Finsternisse
die von 716, 3087, 6890, 9977 Mondmonaten.

Alles bisher Angeführte betrifft nur die Bestimmung, ob
wie auf der Erde überhaupt eine Sonnenfinsterniſs erscheinen
: aber man verlangt nun auch zu wissen, an welchen Orten
entral, total oder ringförmig oder sonst von bestimmter
e erscheinen, und wie sie sich an einem gegebenen Orte
n wird. Diese Bestimmungen müssen von etwas sorgfälti-

Ptol. Almagest Lib. 4. Plinius hist. nat. II. 10. und Ideler's
ologie I. 209.

gern Berechnungen für den Mittelpunkt der Erde ausgehen.
Fig. 48. zeichne um den Mittelpunct C einen Kreis AEEB, dessen messer nach einem willkührlichen Maſsstabe so viele Theil $P-p+Q+q$ Secunden enthält (wo $P-p$ der Unterschi Parallaxen von Sonne und Mond, Q der Mondhalbmesser, Sonnenhalbmesser ist); dabei müssen nun diese Gröſsen nommen werden, wie sie der Zeit des Neumondes entspr für welchen man die Rechnung führen will, und die W kann man aus den Ephemeriden nehmen. Eben so man um denselben Mittelpunct Kreise von den Halbm $=P-p+Q+\frac{1}{2}q$; $=P-p+Q$; $=P-p+Q-\frac{1}{2}q$; lich $=P-p$. Der erste und gröſseste dieser Kreise umsch wenn C den aus der Erde Mittelpuncte gesehenen Mittelpun Sonne bezeichnet, denjenigen Raum am Himmel, in w der Mittelpunct des Mondes eintreten muſs, um irgendw der Erde eine theilweise Verfinsterung zu bewirken; der und kleinste Kreis umschlieſst den Raum, in welchen der telpunct des Mondes eintreten muſs, wenn irgendwo ein trale Finsterniſs statt finden soll, und die drei dazwisch zeichneten Kreise geben an, wie nahe der Mond geoce gesehen der Sonne rücken muſs, damit irgendwo auf der die Finsterniſs 3zöllig, 6zöllig, 9zöllig sey, oder der Ra Mondes etwa um ein Viertel des Sonnendurchmessers ein ten ist, oder den Mittelpunct der Sonne erreicht hat, ode lich drei Viertel des Sonnendurchmessers verdeckt.

Es kommt jetzt darauf an zu finden, in welchen Zeit der Mond in diese Kreise eintritt. AJ bezeichne die Ek und da die Ephemeriden die geocentrische Breite des M nämlich seines Mittelpunctes, zur Zeit der wahren Conju oder des genauen Neumondes, indem er gerade am Mittel der Sonne vorbeigeht, angeben, so trage man CH, gleic ser Breite, nach dem vorhin gebrauchten Secunden-Ma auf. Man suche ferner nach der Angabe der Ephemeride viele Stunden vor oder nach dem Neumonde sich der M der Ekliptik in J befindet, und bestimme den Punct J Zeichnung so, daſs CJ der Anzahl von Secunden gleich se welche beim Eintritte des Mondes in die Ekliptik des M Mittelpunct vom Mittelpuncte der Sonne entfernt ist. D EHEJ die relative Mondbahn, das ist, wenn man HK dem Raume nimmt, um welchen, 1 Stunde vor der Conju

ındmittelpunct noch von der Conjunction entfernt war, nan ebenso HL für den Zeitpunct 2 Stunden vor der Conn aufträgt und so ferner, so geben CK, CL die scheinbaıstände der Mittelpuncte beider Himmelskörper 1 Stunde, ıden vor dem Neumonde u. s. w. an; CH ist der Abstand Mittelpuncte im Augenblicke der Conjunction, und wenn M senkrecht auf JE zieht, so zeigt CM nach dem Secunfsstabe, wie weit bei der gröſsten Annäherung die Mittel- noch von einander entfernt bleiben, und HM mit dem Stunde entsprechenden Raume HK verglichen, giebt die , wie lange vor oder nach der Conjunction die gröſste sterung eintritt, oder die Mitte der Verfinst rung.

Hieraus kennt man nun die Zeitpuncte, wenn die Finster- der Erde anfängt, die Zeit, wo die centrale Verfinsterung Erde anfängt, wann die 3zöllige, 6zöllige, 9zöllige Verng anfängt, und wenn man den Mond weiter nach F und folgt, so ist der Zeitpunct, wo der Mittelpunct F erreicht, ige, wo die centrale Verfinsterung auf der Erde aufhört, itpunct, da er nach E gelangt, entspricht dem völligen der Finsterniſs. Man verlangt nun zunächst zu wissen, n der Ort auf der Erde liegt, an welchem man zuerst den rand in die Sonne eintreten oder den ersten Anfang der sterung sieht, und eben die Frage wird man für alle übriben erwähnten Zeitpuncte und die mit ihm verbundenen inungen aufwerfen. Zur Beantwortung dieser Frage ist zu bemerken, daſs der Anfang der Finsterniſs da gesehen Fig. wo die Sonne dann gerade aufgeht. Es läſst sich nämlich 49. r Figur wohl übersehen, daſs der von Westen, von A her r Sonne vorbei rückende Mond seinen Schatten zuerst in die Erde fallen läſst, und daſs hier die Sonne im Horisteht; sie geht hier auf, weil durch die Rotation der Erde Vesten nach Osten, der Ort B gegen D hin geführt wird, ieser also die Sonne immer höher über den Horizont hernmen sieht. Eben so sieht der Ort, welcher die Sonne verfinstert aufgehen sieht, die totale Verfinsterung früher er andre Ort, und es läſst sich leicht übersehen, daſs, wenn lond nach G gelangt ist, der Ort E, welchem die Sonne untergeht, der letzte ist auf den noch der Centralschatten Wie man diese Orte findet, läſst sich so übersehen. Wenn ür den Augenblick, in welchem auf der Erde die Verfin-

Fig. 48. sterung anfängt, die Stellung des Mondes gegen den M C der Sonne, vom Mittelpuncte der Erde aus gesehen net, so ergiebt sich daraus für den Ort, welchem die S Zenith steht, ob ihm der Mond nordwestlich oder west südwestlich vom Zenith erscheinen müſste, wenn es wäre, ihn neben der Sonne zu sehen, oder man kann Azimuth des Mondmittelpunctes für diesen Punct auf angeben. Offenbar liegt nach eben der Richtung hin sem Orte, und zwar 90 Grade von ihm entfernt, der der Mond nun die Sonne zu verfinstern anfängt, und m daher auf einer künstlichen Erdkugel den Ort, wo gera nem Augenblicke die Sonne im Zenith steht, in den Punct der Kugel bringen, auf dem Horizonte die Gege welcher zu diesem Orte der Mond vom Zenith entfernt aufsuchen und sehen, welcher Ort der Erde gerade da zonte steht; dieser nämlich ist es, welchem die Sonne fangender Verfinsterung aufgeht. Will man eben so finden, der zuerst die centrale Verfinsterung sieht, so m aufs Neue denjenigen Ort in die höchste Stellung bring chem die Sonne im Zenith ist, wenn nach den obigen mungen die centrale Finsterniſs anfängt; dieser Ort lieg Sonne ihre Declination nicht erheblich ändert, in eben graphischen Breite, wie der vorhin betrachtete, aber in Länge, und indem man wieder das Azimuth des Mo punctes sucht, findet man abermals den Punct des H der Kugel, wo man den Ort aufsuchen muſs, welchem central verfinstert aufgeht. Eine gleiche Bestimmung das Ende der centralen Verfinsterung auf der Erde, für lige Ende der Finsterniſs und so ferner statt; und sel mehrere, minder merkwürdige Bestimmungen lieſsen herleiten.

Um noch vollständigere Bestimmungen zu erhalt ich allgemein die Frage zu beantworten suchen, wie dem Puncte, welchem die Sonne im Zenith steht, de punct des Central-Schattens entfernt ist, wenn der Ab Mittelpuncte beider Himmelskörper ein bestimmter ist. den gegebenen Augenblick kennt man aus dem Vorigen centrischen Abstand SCM des Mondes von der Sonne, Fig. 50. her auch den scheinbaren Abstand SAM an dem Orte Sonne im Zenith steht, der nur um die Höhenparall

als jener ist. B ist der Ort, wo das Centrum des Schat- nfällt, wenn BM verlängert den Mittelpunct der Sonne M aber des Mondes Mittelpunct ist. S soll den Durch- spunct der Linien CS, BM anzeigen, und dann ist

$$MB = \frac{CB.\ Sin.\ MBC}{MC} = \frac{CS.\ Sin.\ SCM}{SM} \text{ oder da } \frac{CB}{MC} = P =$$

›rizontalparallaxe des Mondes ist, $Sin.\ MBC = \frac{CS.\ Sin.\ SCM}{P.\ SM}$; ist dann zugleich CMB, also auch der verlangte Winkel = ACM + MCB bekannt. Diese Rechnung zeigt, dafs man bstand des Centralschattens von dem Puncte, wo die Sonne nith steht, und auch die Gegend, wohin man von eben n Puncte ausgehen müfste, um zu jenem Mittelpuncte des ms zu gelangen, in jedem Augenblicke kennt, also den des Schatten-Mittelpunctes auf der Erde vollkommen be- m kann.

Ganz ebenso kann man zu irgend einer Zeit den Punct be- en, der in der Ebne SMA liegend, den Mittelpunct des les um $\frac{1}{12}$ des Sonnendurchmessers vom Mittelpuncte der e entfernt sieht. Es stelle nämlich sMb die gerade Linie welche die Sonne in einer Entfernung = $\frac{1}{12}$ des Sonnen- messers von ihrer Mitte trifft, so kann ACb ganz wie vor- CB gefunden werden, und man kennt also die Entfernung iden Orte, B, b, wo gleichzeitig die eben erwähnte Un- heit der Erscheinungen statt findet. Hätte man bMs durch ondes Mittelpunct nach dem Rande der Sonne gezogen, so man den Ort b bestimmen, welchem zu eben der Zeit ondes Mittelpunct im Sonnenrande erscheint; und endlich man bMs nach einem Puncte zöge, der um den scheinba- londhalbmesser vom Rande der Sonne entfernt läge, so man einen Punct b auf der Erde, dem der Mondrand nur onnenrand zu berühren schiene, in eben dem Augenblicke, B die Finsternifs central ist.

o liefse sich nicht allein der Gang des Schattenmittelpunc- ondern des ganzen vollkommenen Schattens und Halbschat- uf der Erde bestimmen, und die Reihe aller der Oerter an- , wo die Finsternifs eine bestimmte Gröfse erreicht. Zwar, es auf genaue Bestimmung ankommt, liefse sich noch Ei- gegen diese Regeln erinnern; aber der Zweck ist hier nur

die Möglichkeit jener Bestimmungen ohne erhebliche Re
zu zeigen.

Zur strengern Berechnung Anleitung zu geben, schei nicht der Ort zu seyn, da diese Anleitung allemal wei ausfallen wird. Die Berechnung kommt kurz darauf dafs man für einen gegebenen Punct auf der Erde den geo schen Ort so corrigirt, wie es die Parallaxe fordert. Der hat nur eine Parallaxe in der Breite, wenn er sich gerade findet, wo die Ekliptik in dem Augenblicke am höchsta dem Horizonte des Ortes ist, in allen andern Fällen au Parallaxe in der Länge, und da jener höchste Punct der *gesimus* heifst, so hängt also die Berechnung der Paralla der Stellung des Mondes gegen den Nonagesimus ab[1]. H für verschiedene Zeitpuncte die Parallaxe gefunden, so gi an, wie weit entfernt von dem Puncte, wo des Monde telpunct geocentrisch erscheint, man ihn an jenem Orte und man bekommt so auf gleiche Weise, wie vorhin für da trum der Erde, den relativen Weg des Mondes vor der vorbei, für jenen bestimmten Ort, für welchen die Rec geführt wird. Dafs dabei auf die Ungleichheit des in ve denen Höhen nicht gleich grofs erscheinenden Monddurc sers u. s. w. Rücksicht zu nehmen sey, versteht sich von s

Wenn eine Sonnenfinsternifs genau beobachtet word so dient sie zur Bestimmung des Längen-Unterschiedes Orte, indem ja so gut, wie man für einen gegebenen O Zeiten des Eintritts, Austritts u. s. w. berechnen kann, auc gekehrt aus der Beobachtung des Eintritts, Austritts u. s. Lage des Ortes, wenigstens seiner Länge, wenn die Brei kannt ist, hergeleitet werden kann.

Die Sonnenfinsternisse älterer Zeiten zu berechnen, oft für die Chronologie wichtig seyn; denn da grofse, l ders totale, Sonnenfinsternisse in einer bestimmten Gege selten vorkommen, so kann eine Begebenheit, für welc Zeit selbst um mehrere Jahre ungewifs wäre, bis auf den T nau bestimmt werden, wenn sie mit einer solchen Erscheinu

---

1 Vergl. die Art. *Nonagesimus* und *Parallaxe*.

2 Alle Lehrbücher der Astronomie geben diese Rechnungsme an, z. B. Schubert astronomie théorique. Livre V. u. populärer bert's popul. Astron. II. 359. Piazzi Lehrb. d. Astron. II. 279.

n traf. Aus diesem Grunde enthält das berühmte Buch, *e verifier les dates*[1], ein Verzeichniſs der Finsternisse vom 1 bis 2000. Einzelne Untersuchungen der Art gehören hierher, doch mag die Sonnenfinsterniſs, die während der ht am Halys eintrat, hier erwähnt werden, da sie zugleich Geschichte der Astronomie berühmt ist, als die erste, von Thales vorausgesagt seyn soll. Diese Finsterniſs eine andere als die am 30. Sept. im Jahre 610 vor unserer hnung seyn; diese war in der Gegend des Kampfplatzes e total[2].

ie Erscheinungen, welche die sehr groſsen Sonnenfinster- darbieten, verdienen noch etwas näher erwähnt zu wer- So lange noch ein kleiner Rand der Sonne unbedeckt vom e übrig bleibt, ist die Helligkeit noch immer sehr groſs; etwas auffallende Verminderung der Helligkeit tritt ein, die Breite des hellen Theiles der Sonne nicht mehr $\frac{1}{24}$ des endurchmessers beträgt; aber auch dann und fast zum Ver- nden des letzten Randes der Sonne ist doch die Erleuch- der Erde und Atmosphäre noch immer sehr bedeutend. Da- ist dann, wie die Beobachter versichern, welche totale nfinsternisse bei heiterm Himmel gesehen haben, die plötz- Finsterniſs in dem Augenblicke, wo der letzte Lichtrand ckt wird, etwas sehr Auffallendes. Bei der Sonnenfin- s am 19. Nov. 1816, die in Breslau $11\frac{1}{15}$zöllig war, oder nen Rand, welcher an der breitesten Stelle $\frac{1}{90}$ des Son- rchmessers betrug, unverfinstert übrig lieſs, war die erige Dunkelheit bei dick bewölktem Himmel zwar sehr ich, aber doch nicht so groſs als man zu erwarten geneigt möchte. Selbst in Bütow in Pommern, wohin Tönnies sich en hatte, um die dort totale Verfinsterung zu beobachten, ei der totalen Verfinsterung, deren Beobachtung die Wolken rten, die Dunkelheit nur einer starken Dämmerung ähnlich[3].

Nouv. edit. p. St. Allais Vol. I. p. 269. Nachrichten von totalen rnissen giebt v. Zach Corr. astr. II. 560. Ein Verzeichniſs der in sichtb. Finst. im 19. Jahrhundert Astr. Jahrb. 1803. S. 227.

Die Gründe, warum andere Meinungen über Tag und Jahr dieser rnisse unzulässig sind, giebt Oltmanns an, Schr. d. Berlin. Akad. 1813. u. Astr. Jahrbuch 1823. S. 197.

Astron. Zeitschrift von v. Lindenau III. 125.

Ueberhaupt scheint die Dunkelheit bei totalen Son sternissen sehr ungleich zu seyn. Louville beschreibt der Finsternifs am 3. Mai 1715 in London auch nicht w lige Nacht, sondern legt ihr etwas Eigenthümliches, an der Dämmerung Verschiedenes, bei. Eben das Eigenth bemerkten Santini, Bürg und Böckmann bei der ringf Finsternifs am 7. Sept. 1820, die sie an verschiedene beobachteten. Santini sagt, ein mattes, trauriges Lich sich über alle Gegenstände verbreitet, und eine Emp hervorgebracht, derjenigen ähnlich, die man hat, we zum ersten Male durch grüne Brillen sieht. Böckmann Himmel graulich violett [1].

In andern Fällen ist eine tiefere Dunkelheit eing namentlich hat Davizard, der am 12. Mai 1706 in Ar dort 5 Minuten dauernde totale Verfinsterung beobachtet Dunkelheit so angegeben, daſs einer den andern nur mi erkannte; die Nachtvögel kamen hervor, und die übrigen zogen sich zurück, obgleich es erst halb zehn Uhr Vor war. Aehnliche Nachrichten hat man auch von andern Be tern totaler Finsternisse [2]. Indeſs erhellet, dünkt mich, daſs die Finsternifs in den meisten Fällen nur der Däm gleich kommen kann; denn selten hat der Schatten auf d mehr als 4 oder 6 Meilen Durchmesser, und selbst der im des Schattens stehende Beobachter erhält in diesem Fal den gegen seinen Horizont hinstehenden Wolken noch z geworfenes, wenn gleich durch den Halbschatten sel schwächtes Licht. Bei sehr langer Dauer der totalen Fin ist freilich der völlig beschattete Raum der Erde und der sphäre gröſser, und die Finsternifs also tiefer. Daſs n Finsternifs recht eigentlich herannahen sieht, nämlich die wärts liegenden Gegenstände schon im Dunkeln sieht, w man selbst noch im Sonnenlichte ist, bemerkt Lorenz Finsternifs im November 1816. Er erzählt auch, daſs der sich ziemlich am Rande der totalen Verfinsterung alle in bedeutender Entfernung südwärts liegenden Gege sich erhellet zeigten, während ihm die Sonne total verfinste

---

1 G. LXVI. 216.

2 de Zach corr. astron. III. 289. 532.

3 Astron. Jahrb. 1824. S. 181.

ıat man mehrmals selbst bei nicht totalen Finsternissen

s man auf dem vor die Sonne tretenden Monde die Berge, : den Rand des Mondes hervorragen, erkennt [1], läſst ht erachten. Die Beobachtung Ulloa's, der im Monde, ıtfernt vom Rande, einen hellglänzenden Punct sah, als das Sonnenlicht hervorbräche [2], ist sonst nie wieder nmen; doch bemerkte Rüppell 1820, daſs das eine s noch übrigen Theils der Sonne durch einen vorragendberg abgestumpft war, und daſs daneben eine ganz feine ffnung, ein Durchdringen des Lichtes durch das neben ge liegende Thal sichtbar war [3].

ı hellen Ring, den man bei totalen Finsternissen um den esehen hat, habe ich in dem Artikel: *Atmosphäre des* erwähnt. Die dort mitgetheilte Erklärung dieser Erng von Bode, daſs dieser Ring in der erleuchteten Erdhäre entstehe, hat doch das gegen sich, daſs bei totalen issen von einiger Dauer die Erde und die Atmosphäre Beobachter auf einige Meilen weit mit Schatten bedeckt › das nach der Sonne hinsehende Auge nur auf beschateile unserer Atmosphäre trifft. Dieser Ring muſs also rklärt werden, und da, wie Bianchi und Amici mit ıs ihren Beobachtungen zu schlieſsen scheinen, Inflexion ıts und Brechung in der Mondatmosphäre nicht merklich finden scheint [4], so ist die Erscheinung wohl noch nicht was indeſs die Wirkung der Inflexion betrifft, so könnte ıls doch nur matteres Licht in den beschatteten Raum l, vielleicht wenig merklich seyn, so lange noch etwas wächtes Sonnenlicht unser Auge trifft, und dennoch bei 'erfinsterung merklich werden.

ch die Erwärmung durch die Sonne nimmt während Sonnenfinsternisse bedeutend ab. Böckmann beobachse Abnahme an Thermometern mit ungeschwärzter und hwärzter Kugel und an Leslie'schen Photometern. Beim ı der Finsterniſs stand das Thermometer mit ungeschwärz-

---

Astron. Jahrb. 1797. 152. de Zach Corr. astron. IV. 181.
ourn. de Phys. 1780. Avril.
le Zach Corr. astron. IV. 185.
Corr. astron. IV. 280.

[illegible] Kugel etwa auf 39°. [illegible] Verfinste[illegible]
[illegible]. am Ende der Finsterniss auf [illegible]; das Thermomet[illegible]
geschwärzter Kugel stand vor der Finsterniss 7 bis 8 Grad[illegible]
der Finsterniss ungefähr [illegible] Grade höher als [illegible]. bei der
[illegible] Verfinsterung betrug dagegen der Unterschied
einen Grad. Noch auffallender ist diese Verschiedenheit [illegible]
Aenderung in den Anzeigen des Leslie'schen Photomet[illegible]
es scheint mir[1] zu [illegible] Beobach[illegible]
zu [illegible], um den Gang dieses Instruments richtig zu b[illegible]
[illegible]: indefs giebt Brandes an, dass ihm eine bei gew[illegible]
Tageslichte 92.1 Grad, vor Anfang der Finsterniss 130 Gr., [illegible]
der ungrößten Finsterniss 73 Gr. nach der Finsterniss [illegible]
zeigte[2]. Flaugergues schließt aus ähnlichen Beoba[illegible]
dass der Unterschied zwischen der Temperatur in der So[illegible]
im Schatten der Größe des unbedeckten Theils der Son[illegible]
proportional war. Die Größe der Sonnenscheibe betrug [illegible]
29[illegible]213 Quadrat-Secunden, des unbedeckten Theils [illegible]
größten Verfinsterung in Viviers = [illegible] Quadrat-Se[illegible]
und diese Zahlen verhalten sich, wie 4,94 zu 1. Der Unt[illegible]
der Thermometerstände in der Sonne und im Schatten [illegible]
Grad bei unverfinsterter Sonne, und 0,95 Grad bei der [illegible]
Verfinsterung; diese Zahlen verhalten sich, wie 4,52 zu [illegible]
allerdings nicht weit von jenem Verhältnisse abweicht.[3]

Verfinsterungen der Nebenplaneten [illegible] Sonnenfinsternisse auf andere Planet[illegible]

Jupiter, Saturn und Uranus haben Monde oder Neb[illegible]neten, welche sie ebenso, wie der Mond die Erde, be[illegible] da wir aber nur die Monde des Jupiters mit Leichtig[illegible] obachten können, so will ich auch nur von diesen hier [illegible] Die *Monde des Jupiter* haben sämmtlich Bahnen, die [illegible] gegen die Bahn des Jupiter geneigt sind, und da sie a[illegible] Weise sich nie weit von dem Kreise, den die Bewohner [illegible] Planeten als Bahn der Sonne am Himmel ansehen, ent[illegible] der Schatten des Jupiter aber grofs ist, so werden sie [illegible]

---

1 Und eben das hat Egen schon bemerkt. G. LXX. 321.

2 Die vollständigen Beob. in G. LXVI. 215. Aehnliche Be[illegible] Bologna stehen in d. Correspond. astron. IV. 183.

3 Journ. de Phys. 1821. Juin.

hrem Hauptplaneten beschattet. Die Monde des Jupiter iberdies ihren Hauptplaneten viel näher nach Verhältnifs Gröfse, als unser Mond der Erde ist; denn selbst der entte ist nicht völlig 26 Jupiters-Halbmesser von ihm entstatt dafs der Mond 60 Erd-Halbmesser von der Erde t. Hieraus ist es leicht zu übersehen, dafs die Verfinste- sehr oft, bei den kurzen Umlaufszeiten der nächsten , fast täglich eintreten müssen; indem die drei nächi jedem Umlaufe und auch der vierte oft, verfinstert wer- Man beobachtet diese Verfinsterungen am besten, wenn piter der Quadratur nahe ist; denn bei seiner Opposition r Sonne liegt der Schatten uns gerade hinter dem Jupiter ie Eintritte und Austritte der Monde in den Schatten und m Schatten könnten höchstens ganz nahe am Rande des r wahrgenommen werden, statt dafs wir, wenn der Pla- 0 Grade von der Sonne entfernt ist, eine Stellung haben, ir den in den Schatten eintretenden oder aus demselben enden Mond ziemlich entfernt vom Hauptplaneten se- Um die Zeit der Quadratur kann man Anfang und Ende insternifs des dritten und vierten Mondes beobachten; n Finsternissen des zweiten ist dieses nur sehr selten h, und bei diesem fast immer, bei dem ersten Monde us immer mufs man sich begnügen, vor der Opposition den , nach der Opposition das Ende der Finsternifs zu beob- . Die Verfinsterungen können bei dem ersten 2¼ Stunde, zweiten 2 St. 50′; beim dritten 3 St. 34′, beim vierten 6′ dauern und treten beim ersten allemal nach 42½ Stun- beim zweiten nach 3 Tagen 13 Stunden, beim dritten nach n 4 Stunden wieder ein.

ie Berechnung dieser Verfinsterungen beruht auf einer ge- Kenntnifs der Umlaufszeiten und Entfernungen dieser von ihrem Hauptplaneten. Lägen nicht die Bahnen der dem Aequator des Jupiter so nahe, so würde die sehr er Kugel abweichende Gestalt des Jupiter die Berechnung end erschweren; denn wenn eine leuchtende Kugel ein hsichtiges Sphäroid bescheint, so ist der Schatten nicht ein Kegel, sondern eine andere abwickelbare Fläche, für n eine Gleichung findet, wenn man die allgemeine Glei- für eine, beide Flächen berührende, Ebene aufsucht. merkwürdige Fläche hat LAPLACE nur so weit als die Theorie

eine genauere, aus den Quellen selbst bearbeitete Zusar stellung aller wichtigen Beobachtungen und eine kritisch fung der verschiedenen zur Erklärung so merkwürdig scheinungen aufgestellten Hypothesen in diesem Werk Stelle verdient.

I. Geschichte und Literatur.

Die *Raja Torpedo* (*Torpedo Galvanii*) der Kra oder Zitterrochen (le Tremble, la Tropille, *Torpedo*) war schon den Alten bekannt, und eine so ordentliche Eigenschaft bei einem Thiere, welches sich verschiedenen Küsten des mittelländischen Meeres (a an der westlichen Küste Frankreichs, und der südlich lands) findet, konnte ihnen nicht verborgen bleiben. TO's Gespräch MENO wird dieses Thier mit seiner betäub genschaft erwähnt, ARISTOTELES nennt ihn oftmals[1], P nur kurz und hält die Erschütterungen desselben für ein scheinliches Heilmittel, als welches sie auch, namentlic halbseitiges Kopfweh und Gicht nach SCRIBONIUS L DIOSKORIDES und GALENUS in Anwendung gebracht Auch von PLUTARCH[3] wird das Thier genannt.

Die ersten anatomischen Untersuchungen über die schen Organe des Zitterrochens verdanken wir den It REDI[4] und LORENZINI[5], welche die Röhren oder Säul selben für eben so viele Muskeln von besonderer Art (*M li falcati*) hielten. RÉAUMUR[6] that einen grofsen Sch ter, indem er in einer ausführlichen Abhandlung nicht bl Reihe von Versuchen bekannt machte, sondern auch ein reiche mechanische Erklärung der von diesem Fische er Schläge aufstellte, gegründet auf den Bau der elektrisch gane, deren Structur er sehr genau beschrieb. Die eig

---

1 Hist. de Animal. II. 13. IX. 37. de part. animal. IV.

2 Lib. XXXII. Nat. Hist. 1.

3 De industria Animalium, p. 246.

4 Fr. Redi Exper. Natur. Flor. 1666.

5 Observazioni interno alle Torpedini da Stef. Lorenzi 1678.

6 Mémoires de l'acad. de Paris année 1714. Hist. p. 21 p. 447. Edit. d'Amsterd. 8.

einer richtigen Einsicht in das Wesen dieser Erscheinun-
ginnt aber erst mit den schönen Versuchen von John
im Jahre 1672[1], wodurch zuerst die Uebereinstim-
ler von dem Zitterrochen abhängigen Erscheinungen mit
ktrischen in ein helles Licht gesetzt wurden, eine Ent-
g, die bei dem damals so regen Interesse für alles, was
Elektricität bezog, die allgemeinste Aufmerksamkeit der
r erregte. Der berühmte Anatom John Hunter[2] lieferte
h eine neue durch eine meisterhafte Abbildung verdeut-
Beschreibung der elektrischen Organe, und Cavendish[3]
tete zwei Jahre später durch Nachahmung der am Zitter-
angestellten Versuche mit der gewöhnlichen Elektricität
elst eines künstlichen Zitterrochens ein neues Licht über
Gegenstand. Fernere interessante Versuche an dem Zit-
en selbst verdankte man bald nachher Ingenhousz[4] und
Spallanzani[5]. Die Entdeckung der Galvani'schen Er-
ung leitete später von neuem die Aufmerksamkeit der Phy-
uf diese analogen Phänomene, und veranlafsten nament-
en glücklichen Entdecker derselben Aloys Galvani, so
inen Neffen Aldini[6] zu Versuchen mit diesem Fische;
interessanter wurden aber alle elektrischen Fische durch
tdeckung der Volta'schen Säule, in welcher man das ei-
he Erklärungsprincip der im Ganzen doch immer noch in
Entstehungsweise räthselhaft gebliebenen Erscheinungen
den glaubte. v. Humboldt und Gay-Lüssac[7] stellten

Of the electric Property of the Torpedo. In a Letter from
Walsh. Philos. Transact. Vol. 63. Year 1774. p. 461. vgl. auch
bservat. etc. 1774. IV. p. 205 ff.

Anatomical Observations of the Torpedo by John Hunter e. l.

An account of some attempts to imitate the effects of the
lo by Cavendish. Phil. Trans. Vol. 66. for 1776. p. 196.

Extract of a Letter etc. Phil. Trans. LXV. Year 1775. p. 1.

Opuscoli soelti di Milano 1783. ein Auszug im Goth. Magazin
I. II. Bd. 3tes St. S. 89. und Memorie di Matematica et Fisica
ocietà italiana Tome II. p. 603. deutsch in den Leipz. Samml.
ysik und Naturgeschichte. IV. Bd. 3tes St. 328 und im Ausz.
th. Magaz. V. Bd. 3tes St. S. 41.

Aldini Essai théorique et expérimental sur le Galvanisme. Pa-
304 Vol. II. p. 61. auch in G. XIV. 331.

Annales de Chimie. LVI. 15—23, daraus in Gehlen's N. J.
. VI. 166. und G. XXII. 51.

ser Naturforscher auf seine Kosten mehrere derselben leb nach England transportiren, wo sie in London im Jahre 17 der Gegenstand vieler Versuche wurden, von denen zw WALSH selbst keine Nachricht gegeben hat, von welchen a die Abhandlungen von LE ROY[1] und INGENHOUSZ[2] eine näh Auskunft geben. Auch machte nunmehr JOHN HUNTER[3], so früher von Zitterrochen eine meisterhafte Beschreibung und A bildung vom elektrischen Organe dieses Fisches bekannt. Glei zeitig mit jenen Arbeiten erschienen auch die Resultate der tersuchungen zweier americanischer Naturforscher, die je wie es scheint, von der Entdeckung des Engländers WAL Betreff des Zitterrochens bereits Kunde hatten, nämlich HUGH WILLIAMSON[4] in Philadelphia und von GARDEN Charlestown. Von späteren Abhandlungen, welche theils Bemerkungen lieferten, theils die frühern Erfahrungen besti ten, verdienen dann noch genannt zu werden, diejenige WILL. BRYANT[6], und von H. COLLINS FLAGG[7], und SAM. FAHLENBERG[8]. Eine frühere Mittheilung eines SCHILLING[9] über den Einfluſs der magnetischen Kraft auf Zitteraal verlor dadurch ihr Interesse, daſs ihr durch alle tere Versuche widersprochen wurde.

3. Der Zitterwels (*Silurus electricus*), der in africanischen Flüssen zu Hause ist, wurde, wie schon o bemerkt, ohne allen Zweifel zuerst von ADANSON, (1751)

---

1 Lettre etc. par M. Le Roy. Journal de Physique ann. 17 Oct. p. 333.

2 Ingenhousz vermischte Schriften von Molitor. Wien. 8. 17 S. 272.

3 Account of the Gymnotus electricus. Phil. Trans. Vol. LX P. II. p. 395.

4 Phil. Trans. Vol. LXV. Year 1775. p. 94.

5 Ebend. p. 102.

6 Account of an electric Eel in den Transactions of the Ame Society held at Philadelphia Tom. II. Philadelphia 1786. 4. im A zuge im Goth. Magazin V. 3. S. 163.

7 Observations on the Numbfish or torporific Eel Ebend.

8 Vetensk. Acad. Nya Handlingar 1801. S. 122. Duraus i XIV. 456.

9 Nouveaux Mémoires de l'acad. de Berlin 1770. p. 68. Observ. physic. de torpedine Pisce in Diatribe de Morbo in Eu pene ignoto quem Americani Jaws appellant. Traj. ad Rh. 1778.

Senegal fand, bekannt gemacht, später von Forskål[1] it, dann genauer von Broussonet[2] beschrieben, doch ken wir die nähere Kenntniſs seiner elektrischen Organe aoy[3].

Der *Tetrodon electricus* (elektrische Stachelbauch) ist m englischen Schiffslieutenant Paterson[4] bei der Insel n, einer der Comoren zwischen der Küste Zangueber und sel Madagascar entdeckt und seine Beschreibung 1786 begemacht, aber die Nachrichten über seine elektrischen Eiaften sind eben so dürftig wie

. in Betreff des *Trichiurus electricus*, der schon den älhtyologen Willougby[5] und Rai[6] bekannt war und von ıeck[7] erwähnt wird.

ine Vergleichung der elektrischen Organe der drei ersten e lieferte Geoffroy in der oben erwähnten Abhandlung, so ir auch noch in den neuesten Zeiten Alex. v. Humboldt[8] gehaltreichen Aufsatz über alle elektrische Fische vern.

Die elektrischen Organe oder elektromotorischen Apparate.

Die merkwürdigen Wirkungen, welche die Zitterfische zeihängen von gewissen, ihnen eigenthümlichen Organen ab, relche sie schon in den früheren Zeiten beim Zitterrochen ;en worden sind, und welche daher auch, seitdem die ische Natur jener Erscheinungen auſser Zweifel gestellt en, die elektrischen Organe und in neueren Zeiten nach der

---

Fauna arabica p. 15. Nr. I.

Mém. de l'acad. de Paris 1782.

Annales du Muséum d'hist. nat. I. 392. übersetzt in G. 397.

Phil. Trans. Vol. LXXVI. P. II. No. 9. u. im Goth. Magaz. V. St. 4. S. 48.

Ichtyol. applic. III. 31.

Pisces p. 171. Vgl. Gmelin's Ausgabe von Linnaei Syst. Nat. I. Pars III. p. 114.

Dessen Indische Reise II. 270.

Sur les Gymnotes et autres Poissons électriques in Ann. de et Phys. XI. 408.

Aehnlichkeit mit der Volta'schen Säule ihre elektrom Apparate genannt worden sind. Der Zitterrochen hat n MÜR's früheren und den spätern besonders genauen Unt gen HUNTER's zwei elektrische Organe. Sie liegen den grofsen halbkreisförmigen Knorpel der Brustflo Kiemen und der Hirnschale jedes auf seiner Seite. I nach reichen sie von dem vordern Ende des Thiers, de Länge gewöhnlich 15 bis 20 Zoll beträgt (doch wur südlichen Küste von England ein solcher Rochen vo Fufs Länge gefangen)[1] bis zu dem Querknorpel der von dem Bauche trennt, und nehmen ungefähr den dri der ganzen Länge des Körpers ein. In dieser ihrer A füllen sie zugleich die ganze Dicke des Thieres von unten aus, sind mit der ordentlichen Haut und unter d mit zwei besondern Membranen oder Bändern bekleide die äufsere aus der Länge nach laufenden Fasern beste unzähligen Stellen durchbohrt zu seyn scheinen, und d der ringsumher mit der Haut verbunden sind; die ir selbe Beschaffenheit hat, doch so dafs ihre Fasern sic mafsen mit denen der äufsern kreuzen, indem sie vor tellinie des Körpers nach aufsen und rückwärts gehe diesen beiden Häuten befinden sich nun die eigentliche nämlich senkrechte Prismen oder Säulen (*Columns*, von RÉAUMÜR genannt) welche die Dicke eines Gänse nach HUNTER von 0,2 Zoll haben, von einer Seite de zur andern reichen, und deren Länge nach der vers Dicke des Fisches verschieden ist, die also nach innen sten, nach aufsen am kürzesten sind. Die Zahl die ist sich nicht gleich, und zwar bemerkt man diese Ver heit nicht nur bei verschiedenen Zitterrochen, sondern hauptsächlich auch von dem Alter des Thiers herzukor dafs etwa, wenn der Fisch an Gröfse zunimmt, immer stehen mögen. In demjenigen, welchen HUNTER seci man 470 in jedem Organe, dagegen in jenem sehr gr der Küste von England gefangenen, Rochen sogar 118 Säulen in dem einzelnen Organe. Die meisten dies sind nach HUNTER entweder irreguläre Sechsecke oder allein ihre Gestalt bleibt sich nicht gleich, doch will

1 Phil. Trans. LXVI. 1.

ylindrisch gefunden haben. Todd bemerkt von dem
m Vorgebirge der guten Hoffnung, der jedoch eine an-
zu seyn scheint, dafs die Säulen, in ihrem ganz freien
, die Gestalt von Cylindern annehmen, und die ver-
e Gestalt, welche sie bei einem horizontalen Durch-
zeigen, von ihrer ungleichen Verbindung unter einander
ie Netzsubstanz herrühre. Bei getrockneten Rochen er-
auf der abgezogenen Haut einwärts sechs- und fünfeckige
ke, welche von den irregulären Maschen der Membra-
n denen jene Säulen nach aufsen überdeckt sind, her-
welche gegen die Haut gedrückt, jene Eindrücke zu-
n, die der Haut gleichsam das Ansehn eines Bienenwa-
en. Die Häute der Säulen sind sehr dünn, durchschei-
d genau mit einander zusammenhängend, vermittelst ei-
ern Netzgewebes von sehnigten Fasern, die der Quere
d schief zwischen den Säulen laufen.

e Säule ist durch horizontal liegende Theilungen (*par-*
) oder Scheidewände getheilt, welche in geringer Ent-
über einander liegen, und eine Menge Zwischenräume
cher bilden, welche, wie schon Réaumür genau be-
t, eine dickliche gallerteiweifsartige Flüssigkeit enthal-
durch das Kochen noch dicker wie eine Art Kleister
Die Scheidewände bestehen aus sehr dünnen und durch-
Membranen, ihre Ränder sind unter einander verbun-
d alle hängen mittelst eines feinen zelligen Gewebes an
ern Seiten der Säulen, aufserdem hängen sie noch mit
durch feine Blutgefäfse, die von der einen zur andern
usammen. Eine, einen Zoll lange, Säule eines Krampf-
, den man in Weingeist aufbewahrt hatte, enthielt nach
Zählung hundert und funfzig solcher Theilungen, und
hl scheint sich bei gleicher Länge der Säulen gleich zu
der Fisch mag so grofs seyn, als er wolle, nur mufs
m gleichen Zustande von Feuchtigkeit seyn, daher wird
einlicherweise, so wie die Säulen mit dem Thiere, wenn
und gröfser wird, an Länge zunehmen, der Zwischen-
ischen je zwei Theilungen verhältnifsmäfsig nicht gröfser,
es bilden sich vielmehr neue Theilungen, die von den
aus, welche die elektrischen Organe oben und unten
n, hinzukommen. Mit jener Angabe Hunter's von ei-
ufserordentlichen Anzahl von Theilungen stimmt indefs

Réaumür's Angabe, der in der ganzen Länge einer Säule 25 bis 30 Theilungen wahrgenommen haben will, nich überein, wobei es zweifelhaft bleibt, ob vielleicht neben feinern Theilungen noch gewisse gröbere, mehr in die A fallende, vorkommen, so dafs auf jeden Hauptheil wied bis 30 Unterabtheilungen kommen würden. Diese Theilt sind voller Gefäfse, die Arterien sind Aeste von denjenigen fäfsen der Kiemen, welche das schon durch das Athem veränderte Blut fortleiten; sie gehen sammt den Nerven i elektrischen Organe, wo sie sich an den Seiten der Säulen jeder Richtung in unzählige kleinere Aeste verbreiten, un jeder Theilung rings um die Säule herum und in selbige hi gehen und mit den benachbarten Aestchen anastomosiren, di nen kommen in genauer Verbindung mit den Nerven herau laufen zwischen den Kiemen und dem Herzrohre fort.

Die *Nerven*, die sich in jedes elektrische Organ einpfla entspringen in drei grofsen Stämmen von dem Seiten- und tern Theile des Gehirns. Diese Nerven geben nur einige l Zweige an die Kiemen, an denen sie vorbeigehen, ab; der dere Hauptstamm senkt sich in den vordern, der mittlere i mittleren; der hintere mit seinen zwei Aesten in den meh tern Theil. Sie sind dem *N. Vagus* der vollkommneren T zu vergleichen. Wenn die Nerven in das Organ selbst e drungen sind, theilen sie sich nach jeder Richtung zwische Säulen, dringen an jeder Theilung mit kleinen Zweigen in hinein und verlieren sich so auf den Scheidewänden. Die und Menge der Nerven, welche die el. Organe nach Verh ihrer Gröfse erhalten, mufs, wie Hunter treffend be eben so erstaunlich vorkommen, als die Erscheinungen, v hervorbringen. Die Nerven sind den Theilen des Körpe weder zur Empfindung oder Bewegung gegeben. Mit nahme der höheren Sinne ist auch beim vollkommensten ' kein Theil, welcher im Verhältnifs seiner Gröfse so rei mit Nerven versehen wäre, und doch dienen die e schen Organe auf keine Weise als eigentliches Empfindu gan. Was aber die Bewegung anbelangt, so giebt es Theil eines Thiers, der, so stark und anhaltend auch Bewegungen seyn mögen, eine so grofse Menge Nerv säfse. Man kann daraus mit gröfserer Wahrscheinlichkeit fsen, dafs die Nerven eine besondere Beziehung auf die

ichen (elektrischen) Wirkungen der elektrischen Organe möchten.

)er sogenannte *Zitteraal*, dessen erschütternde (elektrische) diejenige des Zitterrochens noch weit übertrifft, hat auch ltnifsmäfsig mehr ausgedehnte elektrische Organe, wofür wenigstens allen Grund hat, diejenigen, welche den gröfs-'heil des Schwanzes dieses Fisches ausmachen, nach ihrer lichkeit mit dem elektrischen Organe des Zitterrochens, und dem Umstande, dafs die elektrischen Erschütterungen vor-:h von dem Schwanze ausgehen, anzunehmen. Wirklich ıch derjenige Theil des Körpers, welcher diejenigen Or-enthält, die der Zitteraal mit den Fischen seines Geschlechtes än hat, beträchtlich kleiner, als der Schwanz, welcher die ische Kraft besitzt, und 0,75 der ganzen Länge des Thiers acht, die nach v. HUMBOLDT bisweilen 6 Fufs erreichen soll, denjenigen Thieren, die HUNTER beschrieb, jedoch nur et-über 2 Fufs betrug, und von dem die elektrischen Organe t wieder beinahe die Hälfte und somit mehr als $\frac{1}{3}$ des gan-Thiers betragen. Es sind deren zwei Paare, ein gröfseres halb und ein kleineres unter demselben gelagert. Jenes ht die Hauptdicke des Schwanzes aus und erstreckt sich vom e bis zum Ende des Letztern; jedes einzelne dieses oberen eren Paars ist am breitesten nach vorn, wo es sich gleich-am meisten seitwärts ausdehnt, wird nach hinten schmäler, endigt sich fast in eine Spitze. Die beiden Organe, die es Paar bilden, sind oberwärts durch die Rückenmuskeln einander getrennt, welche ihre oberen Ränder in einer be-htlichen Entfernung von einander halten, unter diesen und en die Mitte zu sind sie durch die Schwimmblase von einan-geschieden, und an ihrem untern Theile durch eine mem-löse Scheidewand. Das kleinere Organ liegt längs dem un-Rande, und hat beinahe dieselbe Ausdehnung in der Länge das gröfsere Organ. Das vordere Ende jedes einzelnen Or-s (die beide zusammen das kleinere Paar bilden) beginnt bei-e in gleicher Linie mit dem gröfseren, gerade da, wo die e Schwanzflosse des Thiers ihren Anfang nimmt, und en-nahe am Ende des Schwanzes, wo auch das gröfsere auf-. Es hat eine dreieckige Figur gemäfs den Theilen, in wel-n es liegt. Sein vorderes Ende ist das schmälste; dann wird reiter, in der Mitte ist es am dicksten und von da an wird

es dünner, bis es am Ende in eine Spitze ausläuft. Die bei kleineren Organe sind von einander durch die mittleren Mus getrennt, und durch die Beine, in welchen die Gräten der F sen artikulirt sind. Das grössere (breitere) und kleinere O auf jeder Seite sind durch eine Membrane von einander gesc den, deren innerer Rand an der Mitteltheilung befestigt ist, der äufsere sich in die Haut des Thiers verliert. Um das grö Organ ansichtig zu machen, ist nichts weiter nöthig, als Haut zu entfernen, welche durch ein lockeres Zellgewebe d hängt. Um aber das kleinere Organ darzulegen, ist erford die lange Reihe von kleinen Muskeln zu entfernen, welche Flosse bewegen.

Die Structur dieser Organe ist sehr einfach und regelmä sie bestehen aus zwei Theilen, nämlich den flachen Theilu *(partitions)* oder Wänden *(septa)* und den zwischen nen quer übergehenden Theilungen *(cross divisions)*. äufseren Ränder von jenen Wänden sehen auswendig aus wie nien, die fast parallel mit der Länge des Thiers gehen. D Wände sind dünne, beinahe parallel mit einander laufende Hä Sie gehen der Länge nach mit der Längenaxe des Thiers fa einer Richtung und ihre Breite kommt beinahe mit dem ho Durchmesser seines Körpers an jeder Stelle überein. Sie von verschiedener Länge, einige von ihnen sind fast so lang das ganze Organ. An dem vordern Ende des Organs nehmen ihren Anfang, einige wenige ausgenommen, welche an obern Rande desselben beginnen, sie gehen zusammen hir wärts, und endigen sich allmälig an der untern Fläche des gans, und diejenigen, welche am weitesten unterwärts anfan zuerst. Ihre Breite ist ebenfalls an verschiedenen Stellen Organs verschieden. Am breitesten sind sie gemeiniglich weit von ihrem vordern Ende. Hier sind sie nämlich so als der dickste Theil des Organs, nach dem Schwanze zu den sie immer schmäler, jedoch auch ganz vorne, wo sie fangen, sind sie sehr schmal. Diejenigen, welche den Rüc muskeln am nächsten liegen, sind am breitesten, weil sie nach der Lage dieser Muskeln heraufwärts krümmen, nach ten zu werden sie aber allmählig schmäler. Dieses rührt gröf theils davon her, weil sie mehr schief gehen, auch das O an dieser Stelle schmäler wird. Sie haben einen äufsern innern Rand. Der äufsere hängt an der Haut des Thiere

itenmuskeln der Floſsfedern, und an der Membrane, das grofse Organ von dem kleinen trennt, ihre inneren aber sind alle an der mittleren Theilung, auch an der mblase fest, und drei oder vier endigen sich an der Flä elche die Rückenmuskeln begränzt. Diese Wände sind n äuſsern Rändern, nahe an der Haut, an der sie fest-, am weitesten von einander entfernt; so wie sie aber r Haut nach ihrer inneren Befestigung hingehen, kom wieder näher zusammen; ja man findet bisweilen zwei vereinigt. Es ist schon bemerkt, daſs sie an der Seite, Rückenmuskeln liegen, von einem Rande nach dem an eraufwärts gekrümmt sind, indem sie sich nach der Ge eser Muskeln richten; allein dieses findet nach der Mitte gans zu (von oben nach unten genommen) immer weniger und von hier nach dem untern Theile des Organs krüm e sich nach der entgegengesetzten Richtung. Am vordern des groſsen Organs, wo es fast gleiche Breite hat, gehen t einander ganz parallel (nämlich in Beziehung auf die ndimension) folglich auch ganz gerade fort; wo aber das schmäler wird, da siehet man sie sich an einigen Stellen igen, besonders da, wo ein Nerv quer durchgeht. Das dieses Organs am Schwanze ist so schmal, daſs Hunter welchem diese Beschreibung wörtlich entlehnt ist) nicht men konnte, ob es aus einer oder mehreren Wänden be Der Abstand dieser Wände von einander ist wahrschein ach der Gröſse der Fische verschieden. Bei einem Fische, er zwei Fuſs und vier Zoll lang war, fand Hunter, daſs Zoll von einander entfernt waren, und die Breite des n Organs (richtiger die Höhe) betrug da, wo es am brei war, etwa 1,25 Zoll, und in diesem Raume fanden sich nd dreiſsig Wände.

Das kleinere Organ hat eben solche Wände, welche in der e von dem einen Ende zum andern und in der Breite gerade übergehen; sie laufen etwas schlangenförmig nicht in gera inien. Ihre äuſsern Ränder endigen sich an der äuſsern des Organs, welche an die innere Seite der Muskeln der feder stöſst, und ihre inneren Ränder kommen mit den eln in der Mitte in Berührung. Der Breite nach sind sie verschieden, die breiteste kommt mit der einen Seite des igels, den das Organ hier bildet, überein, und die schmal-

ste ist kaum breiter wie die Spitze oder der Winkel desse
Sie stehen fast gleich weit von einander ab, aber sie sind
näher beisammen, als die Wände des groſsen Organs,
ihre Entfernung von einander beträgt etwa $\frac{1}{18}$ Zoll. Nach
Schwanze zu liegen sie aber weiter von einander, so w
Organ selbst sich erweitert. Das Organ selbst ist etwa
halben Zoll breit (hoch) und hat vierzehn Wände. An l
Organen sind diese Wände sehr zart, und lassen sich
zerreiſsen; sie scheinen mit den Säulen des Zitterrochens
lei Bestimmung zu haben, indem sie den Unterabtheil
gleichsam zur Befestigung und Unterstützung dienen, un
kann sie als eben so viele besondere Organe ansehen.
Wände werden durch dünne Häute in die Quere durchs
ten, deren Breite sich immer nach der Entfernung richt
welcher zwei Wände von einander abstehen; mithin ist
verschiedenen Stellen verschieden. Am breitesten sind
dem Rande, welcher der Haut, und am schmalsten an
welcher der mittleren Theilung, die beide Organe von ei
trennt, am nächsten ist. Ihre Länge kommt ganz mit der
der Wände, zwischen denen sie liegen, überein. Zw
zweien solchen Wänden gehen sie immer in einer ordent
Reihe fort, von einem Ende desselben bis zum andern
liegen so nahe an einander, daſs sie sich fast zu berühren
nen. Innerhalb des Raumes eines Zolles in der Länge
man gegen 240, mithin machen sie im Ganzen eine sehr
Fläche aus.

Diese Organe sind mit Nerven aus dem Rückenmark
sehen, und diese kommen paarweise zwischen den Rüc
wirbeln heraus. Sie versorgen auf ihrem Fortgange sowc
Muskeln als die Haut, und verlieren sich in sehr feine
zweigungen in den el. Organen. In Rücksicht auf ihr
hältnifsmäſsige Gröſse gilt dasselbe, wie beim Zitterroche
daſs sie bei diesem relativ noch ansehnlicher sind. Viel
cher als bei diesen beiden Arten ist der Bau des elekt
Organs bei dem *Zitterwels* nach GEOFFROY's Untersuchu
umgiebt nämlich hier den ganzen Körper, liegt unmittelb
ter der Haut und ist aus einer beträchtlichen Schicht Zell
gebildet, welches so fest und dicht ist, daſs man es
ersten Blick für eine Lage Speck halten könnte. Betracht
es aber genauer, so sieht man, daſs dieses Organ aus

sehnichten oder aponevrotischen Fasern besteht, die sich ll durchkreuzen und so ein Netz bilden, dessen Geflechte nur durch eine Loupe deutlich sehen kann. Die kleinen ı oder Maschen dieses Netzes sind mit einer eiweiſs- und tartigen Flüssigkeit ausgefüllt. Mit den inneren Theilen n sie in keiner Verbindung stehen, da eine sehr starke nhaut sich über das ganze elektrische Organ ausbreitet, emselben so fest anhängt, daſs man sie nicht davon trennn, ohne sie zu zerreiſsen. Uebrigens hängt diese Sehut mit den Muskeln nur durch wenig lockeres Zellgewebe men. Die Nerven, welche zu diesem Organe gehen, komus dem Gehirne und sind dieselben, die nach Cuvier bei Fischen unmittelbar unter die Seitenlinie gehen, und anaen Nerven des achten Paares (*N. Vagus*) bei den höheren en. Im Zitterwelse haben aber diese beiden Nerven des Paares einen eigenthümlichen Verlauf und eine ausgenete Dicke. Sie nähern sich einander bei ihrem Austritte em Hirnschädel, und steigen zum Körper des ersten Wirins zurück, durch welches sie hindurchgehen. Sie dringen durch eine eigene Oeffnung in ihn ein, und gehen dann auf der entgegengesetzten Seite durch eine gemeinschaft- Oeffnung heraus, entfernen sich plötzlich und gehen unter eitenlinie hinab, dann laufen sie zwischen den Bauchmusund der sehnigten Membrane, die sich über das elektri- Netz ausbreitet, hin, und dringen endlich bis unter die mittelst groſser Aeste, die rechts und links vom Stamme lerven abgehen. An jeder Seite sind 12 bis 15 solcher , welche die Sehnenhaut durchbohren, bis sie mitten in das tige Gewebe hineindringen, und sich durch dasselbe vern.

lo verschieden diese elektrischen Organe auch dem äuſsern cke nach erscheinen, so haben sie doch in vieler Hin- Aehnlichkeit und im Wesentlichen eine gleichartige Struc- Die el. Fische sind die einzigen, bei denen man so ausitete und so viele Sehnenhäute antrifft, zu Zellen gebildet, lchen sich eine eigenthümliche eiweiſs- gallertartige Flüst befindet, und zu welchen ansehnlichere Nerven wie zu l einem andern Organe gehen. Insbesondere ist bei den n ersten Arten noch eine merkwürdige Regelmäſsigkeit in Anordnung der Zellen auffallend, vermöge welcher sie

einigermaſsen eine Vergleichung mit einer Volta'schen Säu
lassen, eine Aehnlichkeit, die jedoch in der dritten Art
ger bestimmt nachzuweisen ist, und auf welche ich in den
retischen Betrachtungen wieder zurückkommen werde.

Fig. 51. Zur Versinnlichung der elektrischen Organe sowol
Zitterrochens als des Zitteraals möge die Abbildung eines I
schnittes der el. Organe dieser beiden Fische dienen, v
aus den beiden musterhaften Abhandlungen von John Hu
entlehnt sind. Die Figur stellt einen Querschnitt in der g
Dicke des Schwanzes des Zitteraals dar: gg die beiden g
elektrischen Organe, wo die feinen Striche die zahlreiche
terabtheilungen jeder Hauptabtheilung sichtlich machen, p
beiden kleineren elektrischen Organe, v die Schwimm
mmmm Längenmuskeln, n die Wirbelsäule, d die ä
Oberfläche der Haut von der einen Seite, c die Afterflosse.
Fig. 52. andere Figur bezeichnet einen senkrechten Schnitt des Z
rochens hinter den Einathmungsöffnungen; AA die Obe
des Fisches, BB die Muskeln des Rückens, wie sie durc
Schnitt eingetheilt sind, C das Rückenmark, D der Oesopl
E die linke Kieme zerschnitten, um den Verlauf eines Ne
stammes durch dieselbe darzulegen; F die athmende Obe
der rechten Kieme, GG die Flossen, HH die senkrechte
len oder Prismen, welche das elektrische Organ ausmach
einer Darstellung ihrer horizontalen Theilungen, I ein
den Nervenstämmen mit seinen Verzweigungen.

III. Wirkungen, welche von den el trischen Organen abhängen. Elek scher Charakter derselben.

Wir wollen die Wirkungen, die von jedem der beiden
trischen Fische, über die allein genauere Erfahrungen i
ser Hinsicht gemacht worden sind, besonders betrachte
sie bei allem Gemeinschaftlichen doch wieder in Absid
Stärke, Art und der bedingenden und begleitenden Um
manches Eigenthümliche haben.

Was zuerst die *Empfindungen* betrifft, die der *Zitter*
erregt, so werden sie von den verschiedenen Beobachte

---

1 Vgl. Phil. Tr. LXV. 407. und LXIII. 489.

verschieden angegeben, was nicht zu verwundern ist, da ndungen, die sich auf das Gemeingefühl beziehen, über- schwer zu beschreiben sind. In dieser Hinsicht wird die e derjenigen Beobachter interessant, denen die elektri- Erschütterungen noch nicht bekannt waren, und die da- ich ohne vorgefaſste Idee einer Aehnlichkeit mit diesen faſsten. Réaumür beschreibt die ihm erregte Empfindung ne Betäubung (engourdissement), die sich plötzlich ganzen Armes und der Hand bis zur Schulter bemächtig- lbst den Kopf etwas ergriff, aber von einer gewöhnlichen bung, namentlich von jener, welche man das *Einschlafen* lieder nennt, ganz verschieden gewesen sey, begleitet von starken, jedoch dumpfen Schmerze, wie wenn die Fin- inen plötzlichen Schlag erhalten hätten, als eine Empfin- , die unter den ihm damals bekannten mit derjenigen noch eisten Aehnlichkeit habe, die man erleidet, wenn man mit dem Elbogen etwas stark an einen harten Körper ge- n hat. Seit Walsh hat man die Schläge mit elektrischen ütterungen verglichen, namentlich Walsh selbst mit der- en einer schwach geladenen Leidner Flasche, und an einem n Orte bemerkt er, daſs schnell auf einander folgende kleine er Schläge dieselbe Betäubung oder Erstarrung, wie der rochen, bewirke. Gay-Lüssac und Humboldt äuſsern dahin, daſs die Empfindung derjenigen des Entladungs- ges einer Leidner Flasche zwar gewissermaſsen analog, aber wesentlich von ihr verschieden sey, durchdringender, lsivischer, schmerzhafter, und wenn der Fisch schon kraft- sy, dem Gefühle des Sehnenhüpfens ähnlich[1]. An einem n Orte findet Humboldt eine besondere Aehnlichkeit der indung, die der Zitterroche verursacht, und der schwä- n Schläge des Zitteraals mit jenem schmerzhaften Erbeben issement), von dem er bei jedesmaliger Berührung ei- Zink- und Kupferplatte unter einander, die an Wunden zirt waren, die er sich auf dem Rücken durch Blasenpflaster cht hatte, ergriffen wurde. Configliachi endlich[2] findet Empfindung in den Händen und Armen bei gleichzeitiger hrung des Bauchs und Rückens des Fisches ganz überein-

G. XII. 3.
a. a. O. S. 654.

stimmend mit derjenigen, welche eine mit Kochsalz aufge Volta'sche Säule von 30 Platten-Paaren und darüber er Ein alter und ziemlich grofser Zitterrochen zu Genua wirk GARDINI[1] so stark, dafs er ihn nicht nur zu Boden warf, dern auch in seinen Gliedern eine gröfsere Erstarrung und Zeit fortdauernden beschwerlichern dumpfen Schmerz zu liefs, als ihm je elektrische Erschütterungen von einer L Flasche verursacht hatten.

Die Stärke der Erschütterung oder Betäubung hängt sehr von der verschiedenen Art ab, wie man mit dem Fis Verbindung kommt, so wie von der Stärke des Fisches Was das Erstere betrifft, so sind vorzüglich diejeniger stände zu berücksichtigen, welche auf die besondere Ro elektrischen Organe bei Ertheilung der Erschütterungen hi sen. WALSH[2] hat zu scharf als wesentlich nothwendige I gung zur Erhaltung der Erschütterung aufgestellt, dafs zw der oberen und unteren Fläche eines oder beider Organ Verbindung (*intercourse*) sey, und dafs keine Erschüt durch eine isolirte Person erhalten werde, wenn diese d gane nur oben oder unten berühre. Diesem widersprech späteren Beobachtungen namentlich die von SPALLANZANI, LUSSAC und HUMBOLDT. Ersterer bemerkt ausdrücklich wenn er isolirt war, und der in der Luft befindliche Fis an einer einzigen Fläche mit der Hand berührt wurde, er jedoch nur schwachen, Schlag erhielt, womit auch GAY-I und HUMBOLDT übereinstimmen. Berührt man bei eine lirten Fische zugleich beide Organe an der oberen Fläch mit zwei Fingern an den gleichen Stellen, so em man den Schlag von jedem elektrischen Organe besondei weilen aber auch nur von einem, und zwar geht in Falle die Empfindung nicht über den Finger hinaus. Inde diese einseitige Berührung stets an dem Organe selbst od nigstens ganz in ihrer Nähe statt finden, denn fafst man der Luft den Fisch am Schwanze an, so erhält man nie e schütterung, wie schon RÉAUMUR bemerkt hat; auch TODD nie einen Schlag, wenn er den Fisch an den En Seitenflossen hielt. Doch sind sie nach den übereinstim

1 De electrici ignis natura. Mantua 1792. §. 71.
2 a. a. O. 472.

ırungen aller Beobachter, namentlich Gay-Lussac's und ɪmboldt's stets am stärksten, wenn man beide Organe auch nur eines an der obern und untern Fläche zugleich ırt, und der Schlag ist in dem Verhältnisse stärker, in weldie Berührungsfläche gröſser ist, stärker also, wenn man l. Organe mit der flachen Hand, als wenn man sie mit den m Fingerspitzen berührt. Indeſs ist der Schlag in diesem nicht in beiden Händen gleich stark, sondern immer stärı derjenigen, welche den Rücken berührt, und Spallanwill sogar gewöhnlich in derjenigen Hand, welche den h berührte, keinen Schlag empfunden haben. Er bemerkt , daſs er bei der Berührung nur der einen Fläche, wenn er Fisch an der Brust stach, keinen so starken Schlag erhalten ı, als wenn er den Rücken reizte. Doch bemerkt er an n andern Orte, daſs, als er einmal mit der Hand die untere he rieb, indem er die obere zugleich berührte, nur jene mit chluſs von dieser den Schlag erhalten habe. In allen Fälwenn beide Hände bei einer solchen Berührung einen Schlag lten, ist er gleichzeitig. Auch Configliachi bemerkte eine chiedenheit der Empfindung, je nachdem er mit der Hand auche oder am Rücken schloſs, ganz ähnlich derjenigen, n man bei einer Volta'schen Säule am negativen oder posiı Ende schlieſst, was also gleichfalls die stärkere Empfin; auf die Seite des Rückens hinweist.

Allezeit sind die Schläge stärker, wenn man es nicht bei bloſsen Berührung bewenden läſst, sondern die Haut des es auf irgend eine Weise reizt, durch Drücken (doch will nhousz bei mehr oder weniger starkem Drucke seiner Fineine Veränderung in der Stärke der Schläge bemerkt ha-, Reiben, am sichersten aber durch Stechen. Auf diese zählte Spallanzani 23 Schläge in einer Minute, wovon letzte eben so stark als der erste war. Dasselbe bemerkt Ingenhousz, und sogar daſs, wenn die Schläge schnell einander folgten, sie statt schwächer zu werden, vielmehr er wurden, es mochte das Thier sich im Wasser oder in Luft befinden. Walsh erhielt in einer Minute 100 Schläge, n der Rochen zwischen beiden Händen gehalten, abwechd aus der Luft unter Wasser bis auf einen Schuh untergeht und wieder emporgehoben wurde, und zwar die stärkjedesmal in dem Augenblicke, da der Fisch bei diesem

Auf- und Abwärtsbewegen die Oberfläche des Wassers berüh und wieder aus demselben auftauchte.

Unmittelbarer auf die elektrische Natur des hierbei statt benden Vorganges deuten folgende Verhältnisse. Die Schl sind in der Luft unter übrigens gleichen Umständen um vi stärker als unter dem Wasser, nach Walsh wohl viermal ker. Unmittelbare Berührung des Fisches ist nicht nöthig, die Erschütterungen zu erhalten. Schon Réaumür bem dafs, als er den Fisch mit seinem Stocke berührte, er eine, gleich viel schwächere Erschütterung empfand. Walsh an, dafs als ein Zitterrochen in einem Korbe mit einem oberwärts bedeckt, drei Zolle unter der Oberfläche des sers gehalten wurde, bei der Berührung desselben mit kurzen, halb unter dem Wasser halb über demselben be chen, eisernen Bolzen, wenn man diesen mit der einen anfafste, während die andere in einiger Entfernung vom unter das Wasser getaucht war, starke Schläge in beiden den empfunden wurden. Ja, wenn an diesem Bolzen feuchter hanfener Strick befestigt, und in der Hand über Wasser gehalten wurde, erhielt Walsh Schläge. Auch Sp lanzani bestätigt die Beobachtung einer Mittheilung der schütterungen bei mittelbarer Berührung des Fisches durch andern Körper, doch mufste derselbe ein Leiter der Elektri seyn, aber es war auch in diesem Falle die Erschütterung schwächer als bei unmittelbarer Berührung. Schon nasses oder ein nasses Netz leiteten den Schlag, der jedoch, diese Körper trocken waren, verhindert wurde. Walsh richteten die Fischer, dafs beim Fischfange sie oft schon ner Tiefe von 12 Fufs durch die Erschütterungen, die sie hielten, die Anwesenheit des Zitterrochens im Netze erken Wurde die Oberfläche der elektrischen Organe mit Baumöl strichen, so wurde der Schlag nach Spallanzani den durchgeleitet. Damit läfst sich die Beobachtung Gay-Lüss und Humboldt's immer noch vereinigen, dafs bei der Be rung mit den besten metallischen Leitern keine Erschütte erhalten werde. Dieses gilt nämlich nur für den Fall, blofs eine einseitige Communication mit dem Fische statt und dieser oder der Mensch übrigens isolirt ist, denn in Versuchen von Walsh mit dem eisernen Bolzen fand ein licher Leitungskreis durch die Hände und das Wasser von

zur untern Fläche statt. Wenn daher Gay-Lüssac und mboldt den Zitterrochen mit der unteren Fläche der schen Organe auf eine metallene Schüssel legten, so emn sie, wenn sie die Schüssel in der Hand hielten, nie Schlag, selbst wenn eine andere Person, die isolirt war, isch reizte, und die convulsivischen Bewegungen der ossen die stärksten Entladungen des el. Fluidums anzeig- Berührte dagegen derjenige, welcher die Schüssel hielt, r andern Hand die obere Seite der el. Organe, so fühlte beiden Armen zugleich einen heftigen Schlag. Dasselbe r Fall, wenn der Fisch zwischen zwei metallenen Schüsg, deren Ränder sich nirgends berührten, und man dann ide die Hände brachte. Berührten sich aber die beiden seln in irgend einem Puncte, so fühlte man nichts. Hier lso der eine metallische Entladungskreis vollkommen hinnd zur vollständigen Entladung, gerade so wie die Hand, e den metallenen Auslader hält, durch welchen man die n Belegungen einer geladenen Leidner Flasche mit einander rbindung bringt, bei der Entladung nichts empfindet. Inkann doch auch beim Rochen, wie bei einer Leidner Fladie Entladung durch mehrere Canäle zugleich geleitet n, wenn jeder einzelne Entladungskreis aus unvollkomn Leitern besteht, wo dann aber die Erschütterung in demn Verhältnisse mit der Menge solcher Kreise für die Einn geschwächt wird. Nach Walsh bekamen vier Personen, f einmal einen Zitterrochen anrührten, gleichzeitig Schläge, jeder einzelne nur schwach. Bemerkenswerth ist noch bei littheilung der Erschütterung durch Zwischenleiter, dafs das er für sich allein diesen Dienst zu leisten nicht im Stande Gay-Lüssac und Humboldt bemerken ausdrücklich, so lebhafte Erschütterungen man auch unter dem Wasser t, doch die unmittelbare Berührung der Organe wenigstens ner Stelle (oder nach Walsh wohl auch mit einem sonstiguten Leiter) erforderlich sey, und dafs die Wirkung nie ge, wenn auch eine noch so dünne Wasserschicht den sich nden Finger von dem Organe trenne. Da jedoch der viel ere Zitteraal auch unter dieser Bedingung Schläge ertheilen , so liefse sich wohl auch für sehr kräftige Zitterrochen das ntheil davon voraussagen, und die Bedingung kann also nur ine relative angesehen werden.

Die Erschütterung kann in mehreren Personen zugl vorgebracht werden, wenn sie auch nicht unmittelbar d berühren, sondern nur einen leitenden Kreis bilden, insofern Glieder nur den Organen des Fisches in unmi Berührung sind. Dieser Versuch nun war es vorzügl die electrische Natur dieses Vorganges am meisten i stellte, und den wir zuerst in seiner ganzen Reinheit der bestimmten Vergleichung mit dem gleichen Verh der Entladung einer Leidner Flasche John Walsh ve Dieser interessante Versuch wurde zum erstenmal vor d gliedern der Akademie zu Rochelle den 22. Juli 1772 u genden Umständen angestellt. Ein lebender Zitter auf einem Tische. Um einen andern Tisch herum sta Personen isolirt. Zwei messingene Drähte, jeder 13 F waren durch seidene Fäden an der Decke des Zimmer hängt. Einer der Drähte ruhete mit dem einen Ende nassen Tuche, auf welchem der Fisch lag, das ander in ein mit Wasser gefülltes Becken, das mit vier ander Becken auf dem andern Tische stand. Die erste Pers den Finger der einen Hand in das Becken, in welches d eingetaucht war, und den Finger der andern Hand in da folgende Becken. Auf gleiche Weise steckten die übri sonen ihre Finger in die übrigen Becken, so daſs sie d das Wasser in den Becken mit einander in Verbindung in das letzte Becken war das eine Ende des andern drahtes eingetaucht, und mit dem andern Ende berührt den Rücken des Fisches, und in demselben Augenblick also fünf Personen eine Erschütterung, die nur an St derjenigen einer Leidner Flasche abwich. Walsh, selbst nicht in dem Erschütterungkreise befand, erhielt nen Stoſs. Derselbe Versuch wurde auch mit 8 Perso derholt. Sobald dieser Kreis durch Nichtleiter der El wie Glas, Siegellack u. d. gl., womit eine der Person Wasser eintauchte, unterbrochen wurde, so blieb aus schütterung aus. Ein gleicher Versuch wurde auch v lanzani desgleichen von Gay-Lussac und v. Humb demselben Erfolge wiederholt.

Bei dieser vollkommenen Uebereinstimmung mit d ner Versuche war nun zu erwarten, daſs man auch ei lichen el. Funken bei dem Durchgange des el. Fluidu

Kreis erhalten würde, wenn man irgendwo eine Unter-
ıng anbrächte, die nicht zu groſs wäre, um den Durch-
der Elektricität zu verhindern. Walsh machte aber in
Hinsicht vergebliche Versuche, denn auch die kleinste
ung, welche in einem auf Siegellack geklebten und zur
g dienenden Streifen Stanniol durch einen höchst feinen
t mit dem Messer angebracht war, hinderte die Entladung.
so wenig konnten andere Naturforscher wie Spallanzani,
Lüssac und Humboldt und Configliachi den kleinsten
n hervorlocken. Letzterer erwähnt zwar eine Empfindung
icht oder vorübergehenden Schein[1], welche der Zitter-
gewährte, es ist aber nach dem ganzen Zusammenhange
ter nur jene subjective Lichtempfindung zu verstehen, wel-
wohl einfache Ketten als Volta'sche Säulen, wenn ihr el.
durch das Auge selbst oder demselben nahe liegende
geleitet wird, hervorbringen, eine übrigens höchst in-
nte Beobachtung, wobei man nur zu bedauern hat, daſs
gliachi nicht die näheren Umstände seines dabei befolg-
rfahrens angegeben hat. Nur der einzige Gardini will
m oben erwähnten Zitterrochen, der auf einem Isolir-
lag, indem er ihm jene heftige Erschütterung ertheilte,
wirklichen Funken gesehen, und das ihn begleitende Kni-
ehört haben, und mit ihm auch die andern Anwesenden.
indeſs nicht näher angegeben, an welcher Stelle der Funke
orschein kam, und welche Vorrichtungen gemacht wur-
um ihn wahrnehmen zu können, und so bleibt diese iso-
stehende Beobachtung höchst problematisch. Diese auch
die kleinste Unterbrechung des Leitungskreises durch ei-
ichtleiter schon eintretende Hemmung des Durchganges
rbei thätigen el. Fluidums stimmt auch mit einem Ver-
Gay-Lüssac's und v. Humboldt's überein, welchem
auch die Lichtflamme die Durchleitung der Erschütte-
nterbricht, wenn z. B. zwei Personen, die zwischen ih-
hten Händen den Zitterrochen hielten, statt sich die linke
zu geben, zwei Metallstäbe in eine Lichtflamme steckten.
en wurde die Erschütterung sogleich empfunden, wenn
denselben Umständen die Stäbe nur in einen Wasser-
eingetaucht waren. Auch anderweitige unzweifelhafte

---

[1] a. a. O. S. 654.

Erscheinungen von Elektricität und namentlich von freie
nung, von el. Polen u. s. w. haben bis jetzt auf keine
beim Zitterrochen wahrgenommen werden können, nar
keine Anziehungen oder Abstofsungen auch nicht der lei
Körperchen, keine Wirkung auf die empfindlichsten Ele
ter, auch nicht mit Hülfe der besten Condensatoren, ke
dung von Flaschen oder Batterien, in welcher Hinsich
die frühern Versuche von WALSH, INGENHOUSZ und SP
ZANI einen negativen Ausschlag gaben, die neuesten V
GAY-LÜSSAC's und HUMBOLDT's, vorzüglich aber CON
CHI's ganz entscheidend sind. Letzterer hat sich besond
müht, die Elektricität in dem Augenblicke, wo der Fi
Erschütterung mittheilt, im Condensator aufzusammeln, ir
richtig bemerkt, dafs die el. Organe im gewöhnlichen Z
des Fisches ohne freie Elektricität sind, und die Elektric
in dem Augenblicke, wo der Fisch durch irgend einen be
Mechanismus diese Organe in Thätigkeit setzt, dargeboten
Er veranlafste daher den Zitterrochen durch Stechen, Rei
Drücken zu Entladungen, aber auch in diesem Falle zei
Condensator keine Spur von ihm mitgetheilter Elektricität

Nach allem diesen ist es daher nur durch ein gä
Mifsverstehen gewisser Aeufserungen der oft citirten Sch
ler begreiflich, wenn KÜHN[1] anführt, der Krampfrochen
nach WALSH zwei Oberflächen, welche sich wie bei de
ner Flasche in dem Zustande entgegengesetzter Elektricitä
finden, sein Rücken habe + E und sein Bauch — E,
es ziehe dieser Fisch leichte Körper an und stofse sie
zurück, auch könne man einen el. Funken bei ihm w
men, welche Entdeckung WALSH gleichfalls bei dem F
rochen gemacht habe, in welcher letzteren Hinsicht da
berstück des Journal de Physique vom Jahre 1776 citi
wo jedoch nicht von einem Funken des *Zitterrochens*,
des *Zitteraals* die Rede ist. RITTER hat sich ohne
durch KÜHN, dessen Schrift er citirt, gleichfalls verfüh
sen, den gleichen Irrthum zu wiederholen, wenn e
WALSH sah den Krampfrochen leichte Körperchen anziel
abstofsen, und fand, dafs sein Rücken + E und sein Bau

1 Geschichte der medicinischen und physischen El
1785. II. 40. 41.

Walsh hat aber in der That nichts von alle dem be-
:, sondern nur nach gewissen Analogieen des Verhal-
r beiden Oberflächen der el. Organe des Zitterrochens
Belegungen einer Leidner Flasche als Hypothese aufge-
lafs sie in einem gleichen entgegengesetzten el. Zustande
inden möchten. Nur der einzige Berthollet führt an [1]:
ne an einem seidenen Faden hängende Kugel ihm zwi-
wei eisernen Drähten, die mit dem Rücken und Bauche
hes communicirten, hin und her zu spielen geschienen
aber nur während der Zeit der Entladung des Fisches,
hst feiner und schwieriger Versuch, wie er hinzufügt,
det er von mehreren sonstigen mit dem Zitterrochen von
gestellten Versuchen, von denen er in einem andern
handeln werde. Da er indefs nichts weiter davon be-
emacht, auch zu dem an ihn gerichteten Aufsatze Hum-
's und Gay Lüssac's, in welchem alle Anziehungen und
ungen leichter Körperchen durch den Krampfrochen ge-
t werden, keine weitere Anmerkung hinzugefügt hat, so
ht zu bezweifeln, dafs er selbst in seine frühere Beobach-
ein Vertrauen mehr gesetzt habe.

ie Erfahrung Galvani's, dafs, wenn man präparirte Frosch-
el so wie auch Froschherzen auf den Rücken eines Zitter-
s legt, in dem Augenblicke, dafs dieser die Erschütterung
ilt, jene in Zuckungen gerathen, ist noch das einzige ei-
afsen hieher gehörige weitere Zeichen von der el. Natur
erbei thätigen Princips, und um desto mehr, da auch darin
vollkommene Uebereinstimmung mit dem Verhalten der ge-
lichen E. statt findet, dafs durch jene Entladung eben so
ei einem gewöhnlichen el. Funken oder einem schwachen
rome die Muskeln im Augenblicke der Entladung (nämlich
Mittheilung der Erschütterung), das Herz dagegen erst einige
nblicke nachher, und bei schwächeren Entladungen, so wie
einen schwächeren el. Strom nur die willkürlichen Mus-
, das Herz dagegen nicht in Bewegung gesetzt werden.

Zum Schlusse dieser, die el. Natur des Vorganges betref-
n, Verhandlungen bemerke ich noch, dafs ohne Zweifel,

---

[1] De l'Électricité du Corps humain dans l'état de santé et de
ie. Tome I. Paris 1786. 8. p. 173.

(wie auch Ritter[1] vorgeschlagen hat) die einzige siche thode, Zeichen von freier el. Spannung zu erhalten, da stehen würde, den Zitterrochen sich in el. Batterieen von Capacität entladen zu lassen, indem man seinen Bauch in ei leitende Verbindung mit der äufsern Belegung, und die Belegung durch einen Draht in eine nur augenblicklich wenigstens schnell vorübergehende Berührung mit dem l brächte, indem man den Fisch zu gleicher Zeit zur Ert des Schlages reizte. Ohne Zweifel würde die Batterie d einer wahrscheinlich höchst schwachen Spannung gelade den, die man durch Hülfe des Condensators merklich r könnte.

Bei der Ertheilung der Erschütterungen verhält si Fisch auf keine Weise blofs passiv, so dafs er gleichsam nen el. Organen nur eine geladene el. Batterie oder Vol Säule darstellte, die man beliebig entladen könnte, son ist auf eine sehr auffallende Weise activ, und dieses lei noch zur Betrachtung des Verhältnisses, in welchem di scheinungen mit der Willkür des Thiers und mit sein benskraft überhaupt stehen.

Man erhält vom Zitterrochen nicht immer einen wenn man ihn berührt, selbst nicht wenn man ihn mit Händen am Rücken und Bauche zugleich anfafst, wie k er auch sey. Man mufs ihn reizen, damit er den Sch theile, und diese Wirkung hängt ganz von seiner Will Darin stimmen alle Beobachter mit einander überein, von Mür an, der auf eine sehr unterhaltende Weise erzäh er von seinem Zitterrochen getäuscht worden sey, so da ihm verzweifelte, dafs er Schläge ertheilen könne, da längere Zeit unter dem Wasser auf allerhand Weise mi Händen manipulirt habe, ohne etwas zu empfinden, da plötzlich einen äufserst heftigen Schlag erhielt, bis zu de sten Beobachtern Gay-Lüssac, v. Humboldt und welcher letztere noch bemerkt, dafs sonst lebhafte Zitte selbst eine starke Reizung erleiden konnten, ohne einen zu ertheilen. Auch konnten sich die Fische, wenn r in den Händen hielt, mit sichtbarer Anstrengung ihrer l thätigkeit drehen und wenden, und wenn sie sich au

1 a. a. O. S. 649.

n konnten, doch einen Schlag geben. Dieses will-
Entladen der el. Organe deutet unmittelbar darauf hin,
Fisch durch einen Act seiner Willkür und die dabei thätige
aft in den el. Organen irgend eine Veränderung hervor-
wodurch sie augenblicklich erst geladen, oder wenn
her geladen doch nur durch einen besonderen Mechanis-
aden werden. Ueber die einer solchen Entladung vor-
len oder dieselbe begleitenden anderweitigen sicht-
eränderungen in den verschiedenen Theilen des Kör-
e hierüber weiteren Aufschlufs geben konnten, findet
ine vollkommene Uebereinstimmung unter den Schrift-
statt. Réaumür will beobachtet haben, dafs jedesmal,
er Rochen den Schlag ertheile, er den natürlich etwas
n Rücken platt und selbst etwas concav mache, und
in diesem Augenblick den Schlag ertheile, wobei dann
ken, ohne dafs man dieses Zurückkehren selbst beob-
könne, seine vorige convexe Oberfläche wieder ange-
a habe. Diese wichtige Beobachtung ist leider von den
a Forschern gar nicht berücksichtigt, und in sofern auch
estätigt worden, indefs verdient sie bei dem bekannten
Beobachtungsgeiste Réaumür's doch auch jetzt noch alle
ng. Walsh wollte jedesmal bei Ertheilung des Schla-
Zurückziehen der Augen, und aufserdem noch eine leichte
gehende Agitation in den Knorpeln, von welchen die
ane umgeben sind, beobachtet haben. Spallanzini
ne Bewegung der Augen so wenig constant, dafs sie ihm
meist unbeweglich blieben, und manchmal sogar her-
m; auch anderweitige Bewegungen des Körpers konnte
t bemerken, dagegen wollen Gay-Lüssac und v. Hum-
bemerkt haben, dafs der Zitterrochen die Brustflossen
ivisch bewegte, so oft er seinen Schlag gab, wodurch
nde Réaumür's frühere Beobachtung bestätigt wird, in-
ch Todd's Bemerkung durch jede stärkere Bewegung des
ndförmigen Knorpels der Brustflossen das el. Organ zu-
ngedrückt werden müsse, auch ein Muskelapparat die
e Seite dieser Knorpel mit einem Fortsatze an der Vorder-
ler Hirnschale verbinde, wodurch die Thätigkeit der el.
e befördert zu werden scheine. Nach Todd war die el.
lung im Allgemeinen von einer Muskelanstrengung be-
. Dieses zeigte sich deutlich durch das Anschwellen der

obern Fläche der el. Organe, vorzüglich an der vordern, d Schädel gegenüberstehenden Seite, und das Zurückziehen Augen, woraus Todd, wenn ein anderer den Fisch hielt, ziemlicher Sicherheit das Eintreten der Explosion voraus konnte; doch täuschte er sich bisweilen, indem er selbst Sch erhielt (zumal wenn das Thier schon geschwächt war) ohne Muskelthätigkeit voraus bemerkt zu haben.

Das Thier, das willkürlich die Schläge ertheilt, kann bewunderungswürdiger Schnelligkeit seine Organe stets wi von neuem laden, da es im Stande ist, eine lange Reihe Schlägen mit gleicher Stärke zu ertheilen. Die Stärke der Sc steht im Allgemeinen in geradem Verhältnisse mit der üb Kräftigkeit und Lebendigkeit des Rochens, doch können schwächere Thiere durch stärkere Reizung zur Ertheilung starker Schläge gebracht werden. Die Schläge nehmen andern Charakter an, wenn der Fisch sehr schwach wird sein Tod herannaht. Kurze Zeit vor demselben ertheil nach Spallanzani's Beobachtung nicht mehr in Zwischenrä Schläge, sondern ununterbrochen auf einander folgende l tere Schläge, ähnlich solchen, die man erhalten würde, man ein klopfendes Herz zwischen seinen Fingern h nur verbunden mit einer unangenehmen Empfindung, die j sich nicht über die Finger hinaus erstreckte. Dieses da 7 Minuten, während welcher Zeit Spallanzani 316 sol leichter Schläge empfand, worauf dann wieder einzelne in geren Zwischenräumen 2 bis 3 Minuten bis zum gänzlichen T erfolgten. Eine gleiche Beobachtung machte auch Todd der Bemerkung, daſs die zuletzt unwillkürlich so schnell einander folgenden Entladungen (gleich dem Sehnenhüpfen Sterbenden) ein bloſses Prickeln in ihm hervorbrachte. Auch dem vom Thiere abgesonderten Organe bemerkte Spallanz schwache Stöſse, wenn er aber die Haut von dem oberen Th des Organs abzog, so verloren sie sich fast gänzlich. Wenn starken lebhaften Rochen ihre Organe ausriſs, so hörten d Stöſse sogleich auf, und unter dem Druck der Hand auf dies ben fühlte man bloſs eine schwache zitternde Bewegung, sich endlich in eine leise Palpitation verwandelte. Die Thie lebten indeſs fort, gaben aber keine Erschütterung mehr, auch dann nicht, wenn nur eines dieser Organe von ihnen getren war, doch fand hiervon zuweilen auch das Gegentheil statt.

s die Einwirkung der Lebenskraft und insbesondere der auf die Ertheilung der Erschütterungen und folglich auf bei zum Grunde liegenden el. Vorgang durch die zu den gehenden Nerven wesentlich vermittelt werde, konnte m voraus aus der ungemeinen Gröſse derselben vermuden, ist aber durch directe Versuche auſser allen Zweiet. Schon Spallanzani fand, daſs wenn bloſs die drei des el. Organs durchschnitten werden, die Erschütteogleich aufhören, und nur die oben erwähnte zitternde ig übrig bleibt. Dasselbe bewiesen noch deutlicher die lvani angestellten Versuche. Nach abgeschnittenem rtheilten beide Organe keine weitere Erschütterungen. dagegen das Herz ausgerissen, so verlor das Thier nicht mögen, Erschütterungen zu ertheilen. Das Durchschneir ein starker Druck auf die zu dem el. Organe gehenden hob dagegen dieses Vermögen gänzlich auf, wenn gleich er sonst kräftiges Leben zeigte. Todd fand gleichfalls lerholten Versuchen, daſs nach Durchschneidung der zu Organen gehenden Nerven alles Vermögen Erschütterungeben verschwunden war, ungeachtet das Thier an sonebendigkeit gar nichts verloren hatte, ja, was besonders idend für die Abhängigkeit dieser Schläge von der Left des Thieres ist, länger kräftig blieb, und unter den Umständen länger fortlebte, als andere Individuen, an ene Operation nicht vorgenommen war, denen man aber Berührung und Reizung häufige Schläge entlockte, woie sichtlich geschwächt und ihr Tod beschleunigt wurde. ar ein einzelner Nervenast, oder hatte man nur die Nerf der einen Seite durchschnitten, so dauerte das VermöL Schläge zu ertheilen, wie es schien, ungeschwächt ls wurde ein Draht durch das Gehirn eines sehr lebhaferrochens geführt, darauf hörte alle Bewegung auf, und leizung konnte die el. Schläge erregen.

les was bis jetzt vom Zitterrochen angeführt worden ist, gleiche Weise auch vom Zitteraal, nur mit der Verschiet, welche die viel ausgedehnteren el. Organe und die dahängige gröſsere Energie seiner el. Kraft mit sich bringt. n sind die Schläge noch weit mehr den starken Erschütte- einer Leidner Flasche oder Batterie zu vergleichen. Die öſseren Zitteraale (welche eine Länge bis 6 Fuſs erreichen)

sind so heftig, dafs sie nach v. Humboldt's[1] Zeugnifs :
wenigen Minuten Pferde zu tödten im Stande sind. :
längs dem Bauche des Pferdes hingleitend, trifft alle
Theile, und besonders die grofsen Nervengeflechte im
Das betäubte Pferd stürzt zu Boden und erstickt, we
lange in seiner Lethargie unter dem Wasser verweilt. I
ger Neger, der einen solchen Aal anfafste, soll nach Fl
lähmt worden seyn und Bryant fühlte die Erschütteru
blofs durch Hände und Arme, sondern durch den ganz
und am meisten in der Stirne und in dem Dickbeine.
berg vergleicht die Stärke der Erschütterung unter dem
mit derjenigen einer Leidner Flasche von 70 Quadratzo
gung, die auf 10 bis 15 Grad nach Adams's Quadranten-l
meter geladen ist, und in der Luft mit einer noch einmal so

Man kann hiernach auch erwarten, dafs der Wirku
des Zitteraals viel ausgedehnter als derjenige des Torp
und dafs die el. Entladung noch da durchbricht, wo die
terrochens aufgehalten wird. Wirklich ist beim Zitteraale
telbare Berührung nach Williamson und Fahlberg ni
thig, sondern der Schlag wird schon empfunden, wenn r
demselben mit der Hand unter dem Wasser nur nähert.
zeigt sich besonders auch, wenn der Aal die kleinen Fis
ihm zur Nahrung dienen, durch el. Schläge, die er ih
theilt, vorher betäubt, wobei er sich ihnen nähert, ab
aus der Ferne auf sie den verderblichen Schlag losschief
sen Stärke er nach einem ihm eigenthümlichen nie täus
Gefühle, wie Fahlenberg bemerkt, nach der Entfern
also der Dicke der Wasserschicht jedesmal richtig
Williamson empfand lebhafte Erschütterungen, wenn
Hand, ohne den Aal zu berühren, zwischen diesen
kleinen Fische hielt, auf welche der Aal aus einer En
von 10 bis 15 Fufs seine Schläge losschleuderte, und
durch vollkommen betäubte. Es wird durch diese Erfal
Humboldt's Behauptung widerlegt, dafs auch beim
wie beim Zitterrochen unmittelbare Berührung nöthig
auch die kleinste Wasserschicht die Mittheilung des :
hindere.

---

1 Jagd und Kampf der elektrischen Aale mit Pferde
XXV. 34.

ıch beim Zitteraal ist eine gewisse Beziehung auf zwei
ler Stellen, von welchen die Kraft vorzüglich ausgeht,
lche, wie wir weiter unten sehen werden, als entge-
tzt el. zu betrachten sind, nicht ganz zu verkennen, wenn
icht so deutlich bezeichnet. Diese Pole beziehen sich
er nicht wie beim Rochen auf den Rücken und Bauch,
, wie sich auch schon nach der Analogie der Structur er-
rürde, auf das Vorder- oder Kopf- und auf das Schwanz-
Wurde nach FAHLENBERG der Fisch nur mit einer Hand
, so gab er einen Schlag, welcher der Wirkung des in
asche nach der ersten Entladung noch vorhandenen Resi-
gleich kam. Die Empfindung war etwas stärker, wenn
t der einen Hand den Fisch an dem Halse, und mit der
am Schwanze faſste. Dasselbe fand auch WILLIAMSON,
i Unterschied zwischen der Empfindung in beiden Fällen
el auffallender angiebt, indem ihm zufolge die Berührung
er einzigen Hand nur die Empfindung eines einfachen el.
s verursachte. Auch v. HUMBOLDT bemerkt, daſs, wenn
hläge des Zitteraals schwächer und mehr gleichförmig
ı, wie bei verwundeten Thieren, wo man die Unter-
an Stärke der Schläge nach Verschiedenheit der Umstände
unterscheiden kann, er jedesmal stärkere Schläge erhal-
e, wenn er den Fisch mit zwei Händen (also doch auch
r einen näher am Kopfe, mit der andern näher am
ıze), als wenn er ihn nur mit einer einzigen Hand be-
ıbe, stärker auch wenn statt mit der Hand mit einem Me-
nd zwar stärker bei der Bewaffnung der Hand mit Zink
Kupfer. Auf eine besonders auffallende Art gelangen
i diesem Fische die Versuche über die durch eine ganze
von Personen durchgeleitete Erschütterung, wenn diese
ıander mit nassen Händen anfaſsten, oder durch Leiter
ktricität mit einander verbunden waren, während die
Aeuſsersten der Reihe den Fisch unmittelbar oder auch
telbar berührten. Schon J. WALSH trieb diese Versuche
r, daſs der Schlag durch 27 Personen geleitet wurde,
AMSON durch eine Reihe von 8 bis 10 Personen, wo die
terung gleichfalls am stärksten war, wenn von den bei-
ſsersten Personen die eine den Fisch am Schwanze, die
am Kopfe berührte, FAHLENBERG fand die Erschütterung
rksten, wenn der Fisch von denen an den beiden Enden
ıd.

der geschlossenen Kette stehenden Personen mit einem silber-
oder messingenen Leiter an den Brustflossen berührt wurde,
schwächsten dagegen, wenn nur die eine von diesen den Fisch
die andere das Wasser berührte. Wie stark die el. Kraft d
Zitteraals und wie ausgedehnt der Wirkungskreis derselben
ergiebt sich besonders aus einer Beobachtung FLAGG's, dafs,
einmal der Aal aus dem Wassergefäfse gekommen war, und
ihn mit einem Stücke Tannenholz von 18 Zoll Länge aufzu-
ben versuchte, er doch so starke und wiederholte Schläge
hielt, dafs der Schmerz davon im Arme längere Zeit nicht
der vergehen wollte, noch mehr aber aus der merkwürdigen
obachtung WILLIAMSON's, dafs, als ein feines Loch in das
zerne Gefäfs, in welchem sich der Fisch befand, gebohrt w
eine Person in ihrem Finger, welcher sich in dem Strom
ausfliefsenden Wassers befand, einen Schlag verspürte in
Augenblicke, dafs eine andere Person, mit welcher jene
in Verbindung stand, den Schlag von dem Fische, der d
gereizt wurde, erhielt. Bei dem Zitteraale ist bei Anstell
dieser Versuche *zuerst* der el. Funke wahrgenommen wor
und zwar von JOHN WALSH, nachdem schon WILLIAMSON
keine Funken bemerkt, aber sich doch überzeugt hatte, dafs
Erschütterung noch durchgeleitet wurde, wenn die Enden zw
Messingdrähte nur um 0,01 eines Zolles von einander sta
Ueber den Versuch von WALSH findet sich, wie schon o
bemerkt ist, keine Mittheilung von ihm selbst, sondern wir
ben nur Angaben von andern Physikern, die Augenzeugen
Versuchs gewesen waren, und die versichern, die Erschüt-
rung des Zitteraals sey von einem so sichtbaren Funken begl-
tet gewesen, als die Entladung einer Leidner Flasche. Sp
hat FAHLENBERG die Beobachtung von WALSH vollkommen
stätigt. Befand sich der Fisch unter Wasser, so konnte er k
nen Funken erhalten. Nachdem aber der Fisch aus dem W
genommen war, so wurde das el. Licht sichtbar, als durch
Hände zweier Personen oder durch andere Leiter beide End
eines auf Glas befestigten und durch einen kleinen Zwischenra
unterbrochenen Staniolstreifens mit dem Fische in Berührung
bracht waren. Dagegen soll nach v. HUMBOLDT die Lichtflam
die Fortleitung des Schlags des Zitteraals isoliren. Auch ist
sehr bemerkenswerth, dafs nach FLAGG's Beobachtung
Frauenzimmer von etwas schwindsüchtiger Beschaffenheit d

al berühren und behandeln konnte, ohne einen Schlag da- zu empfinden, gerade so wie man einzelne Fälle von Un- llichkeit für den Schlag einer Leidner Flasche beobachtet will. Trotz dieser Beweise einer so starken el. Kraft man doch auch beim Zitteraal bis jetzt keine Spur freier nnung, keine Anziehung oder Abstoſsung leichter Kör- ı durch dieselbe, keine Wirkung aufs Elektrometer selbst nit Hülfe des Condensators, keine Ladung einer Leidner auch nur zum schwächsten noch durch Hülfe dieser In- nte bemerkbaren Grade erhalten.

ıch für den Zitteraal gilt es, daſs die Ertheilung der Er- rungen ein Act der Willkür ist, und daſs sein el. Ver- in dem innigsten Zusammenhange mit der Lebenskraft Der Zitteraal ertheilt seine Schläge und richtet die Stärke en ganz nach den Umständen ein, um seinen Zweck zu en. Ja er scheint selbst nach John Walsh und den spä- Beobachtungen von Fahlenberg einen eigenen feinen ür das Verhältniſs der Umstände zur Möglichkeit der Er- ıg der Schläge zu besitzen, ob nämlich die Körper, die m nähern, solche sind, die den Stoſs empfangen können, eiter oder Isolatoren, denn in dem ersten Falle ertheilt er oſs; in dem zweiten nicht. Diese merkwürdige Eigen- zu zeigen stellte Walsh mehrere Versuche an, von denen erzeugendste folgender war. Zwei Drähte wurden mit Enden in ein Gefäſs mit Wasser gelegt, in dem der Fisch fand, sodann umgebogen, und eine groſse Strecke fort- :, endlich endigten sie sich in zwei besondere mit Was- üllte Gefäſse. Die Drähte wurden in einer beträchtlichen ıung von einander durch Nichtleiter getragen. So lange den Wassergefäſse nicht durch einen Leiter mit einander den waren, war der Leitungskreis nicht vollkommen, was ntrat, sobald eine Person die Finger der einen Hand in e, und die der andern Hand in das andere Gefäſs tauchte. emerkte man beständig, daſs das Thier, wenn die oben ebene Verbindung unterbrochen war, den Enden der sich nie absichtlich näherte, sobald aber die Verbindung eine Person oder sonst durch einen Leiter wieder herge- wurde, so kam das Thier augenblicklich zu den Drähten und ertheilte den Stoſs, wenn es gleich nicht sehen daſs die Verbindung wieder ergänzt worden war. Die-

ser letztere Umstand des Heranschwimmens an die Draht
beweiset, daſs die Ertheilung des Schlages hier nicht nach
bloſsen physischen Gesetze auf eine nothwendige Weise
gen muſste, sondern daſs die Willkür des Thiers daran
hatte, was zugleich eine Empfindung des veränderten Lei
verhältnisses durch eine ganz eigenthümliche Modificati
Gefühls voraussetzt. Die Ertheilung der Schläge dur
Zitteraal ist übrigens unabhängig von jeder anderweitiger
baren Muskelbewegung; auch sind die stärksten Muskelbe
gen des Gymnotus eben nicht von erschütternden Expl
begleitet. v. HUMBOLDT hatte den Zitteraal oft in Händ
habt, und indem er sich convulsivisch krümmte, um si
zu entwinden, fühlte er keine Entladung. Dasselbe Indi
gab wenige Minuten darauf die heftigsten Schläge, ol
äuſsere Lage seines Körpers zu verändern[1]. So wie bei
terrochen nimmt auch beim Zitteraal mit herannahenden
die Stärke der Schläge ab, und aus dem Organe des tod
sches lieſs sich nach FAHLENBERG auf keine Weise auch
geringste el. Erschütterung entlocken.'

DR. SCHILLING, Arzt der Colonie zu Surinam, hatt
schon oben bemerkt, der Berliner Akademie der Wissens
Nachrichten von einigen Versuchen gegeben, welche
besonderes magnetisches Verhältniſs des Zitteraals, un
eine Uebereinstimmung ihres Agens mit dem magnetisch
zudeuten schienen. Bei der Annäherung eines armirten M
ward der Angabe SCHILLING's zufolge der Fisch zuerst
hig, und bei der Berührung mit demselben stark ersc
Legte man den Magnet ins Wasser, so ward der Fis
einiger Zeit ganz still, und kam von selbst an den Magn
an, als wenn er von dem umgebenden Wasser angezo
zurückgehalten würde. Nach einer halben Stunde zog
sehr geschwächt vom Magnete wieder zurück, hatte a
Erschütterungskraft verloren, so daſs man ihn ohne S
berühren und in die Hände nehmen konnte. Die beid
des Magnetes schienen wie mit Feilspähnen überzogen (
Fisch erlangte einige Kraft wieder, nachdem man ihn
Tage mit Brod gefüttert hatte, als man aber Eisenfeil
Wasser warf, kehrte sein voriges Vermögen in seiner

1 G. XXII. 5.

zurück. Eine Magnetnadel sollte in der Nachbarschaft tteraals völlig in Unordnung gekommen seyn. So viel se diese Beobachtungen bei ihrer ersten Bekanntmachung inflößsten, indem man namentlich hierin einen Hauptbe-r die Uebereinstimmung der Elektricität mit dem Magne-zu erkennen glaubte, und so sehr in unsern Tagen nach tdeckung des Elektromagnetismus dieses Interesse sich er-mußste, so verloren sie doch in dieser Hinsicht al-erth, da sie von späteren Beobachtern bei Wiederholung n besten Apparaten und mit der gröfsten Sorgfalt als ganz tig befunden wurden, so dafs man kaum daran zweifeln SCHILLING habe der gelehrten Welt etwas aufbinden wol-Dr. INGENHOUSZ untersuchte namentlich die Sache in Lon-777 an den Fischen, welche J. WALSH auf seine Kosten rinam hatte kommen lassen. Er ging in Gesellschaft des ERENBROEK mit mehreren Magnetnadeln und starken tstäben von KNIGHT versehen dahin, fand aber den Fisch allen magnetischen Einflufs schlechterdings unempfind-Das Thier unterschied den Magnetstab nicht im gering-on einem andern Stücke Metall. und gab einem Menschen, ide Hände, eine beim Kopfe, die andere beim Schwanze sches ins Wasser hielt, einen starken Schlag, obgleich arker Magnetstab untergehalten ward. Auch brachte er agnetnadel nicht im mindesten in Unordnung. WALSH herte gleichfalls, SCHILLING's Versuche auf das sorgfäl-geprüft, aber nie einen Einflufs des Magnets auf den Fisch, dieses auf jenen bemerkt zu haben [1]. Eben so wenig v. HUMBOLDT in sehr oft wiederholten Versuchen die ste Wirkung der Magnete auf den Zitteraal, oder des en auf Magnetnadeln wahrnehmen, so wie dann auch Ei-licht auf den Rücken desselben gestreut unbeweglich [2]. Auch auf den Zitterrochen äufserte nach SPALLANZANI's chen, ein starker Magnet, der 25 Pfund zog, nicht den sten Einflufs. Dagegen wäre wohl durch künftige Versu-aszumitteln, ob nicht in dem Augenblicke, dafs der Zit-oder Zitterrochen seine Schläge ertheilt, eine in der Nähe

---

[1] INGENHOUSZ vermischte Schriften übersetzt von Molitor. Wien. 3.

[2] Ann. de Ch. XI. 435.

befindliche Magnetnadel afficirt wird, und zwar nach denselb Gesetzen, nach denen der Strom der Volta'schen Säule diese in Bewegung setzt.

Vom *Zitterwels* fehlen alle genauere Beobachtungen in B treff der von ihm ertheilten Erschütterungen und nur Adan son's oben mitgetheilte Notitz, da sie sich ohne allen Zwei auf diese Gattung bezieht, läſst annehmen, daſs im wesentlich sich hier alles eben so verhalten werde.

Von *Tetrodon electricus* hat man bloſs die einzige Be achtung des englischen Schifflieutenants Patterson, der derselben in einem Netze fing, und da er den einen angr wollte, einen so heftigen el. Schlag bekam, daſs er ihn la sen muſste.

Vom *Trichiurus indicus* fehlen alle sein Erschütteru vermögen betreffende Beobachtungen.

IV. Theoretische Betrachtungen.

So lange die el. Natur des Agens, von welchem die schütterungen dieser el. Fische abhängen, unbekannt war, kon ten nur irrige Erklärungen des Vorganges gegeben werden. Meinungen jener Naturforscher, welche wie Lorenzini, rault u. a. gewisse betäubende Theilchen (*particulae torp ficae*) annahmen, die zu allen Zeiten aus dem Körper des Z terrochens, aber in dem Zeitpuncte, wo er seine Erschütteru mittheilte, in gröſserer Menge ausströmten, wurden schon v Réaumür gründlich widerlegt, selbst durch die Hinweisung das einzige Factum, daſs man keine Erschütterung fühle, w man auch nur durch eine dünne Wasserschicht von dem Fi getrennt sey, während diese Erschütterung doch bei der B rührung desselben mit einem Stocke mitgetheilt werde. Réa mür hatte geglaubt, in jener oben von ihm angeführten inter santen Beobachtung den Schlüssel zum ganzen Mechanism auf welchem jene so eigenthümlichen Erschütterungen beruh gefunden zu haben. Er vergleicht nämlich den ganzen Vorg mit dem einer gespannten Feder, welche plötzlich losschnapp Die Rolle der zu spannenden Feder wies er den Säulen od Cylindern der el. Organe an, durch die Abplattung des Rü kens sollen nämlich die Basen der Organe gleichsam breiter, di kleinen Zwischenlamellen der Cylinder ausgedehnt und gespan

n; hat diese Ausdehnung und damit gegebene Spannung wisses Maximum erreicht, und die Zusammenziehung des ns, die durch den Fisch willkürlich hervorgebracht wort, läſst nach, so dehnen sich die Längenfasern, aus denen itenwände der Cylinder bestehen, wieder aus, die Querverkürzen sich, und jede derselben, durch die Längenaufwärts gezogen, treibt die eiweiſsartige Materie, die in ellen enthalten ist, in gleicher Richtung aufwärts, und se Ausdehnung nicht gleichzeitig in allen geschehen kann, stehen dadurch schnell auf einander folgende Stöſse, wele Nerven erschüttern und betäuben und den eigenthümli- Schmerz verursachen. So erklärt Réaumür, warum man eftigen Schläge nur erhalte, wenn man die el. Organe unbar berühre, warum man den Fisch ungestraft am Schwanze en könne, womit sich auch sehr wohl die viel schwächere ütterung vereinigen lasse, die man erhalte, wenn man den in einiger Entfernung von diesen Organen anfasse, weil jene Bewegung derselben doch der Haut des Fisches miten, und diese davon erschüttert werden müsse, welche Ererung sich dann weiter mittheile. Der Umstand, daſs mür eine, wenn gleich viel schwächere Erschütterung em-, wenn er den Fisch mit einem Stocke berührte, machte icht irre in seiner Erklärung, da ja die schnelle Bewegung losschnappenden organischen Federn sich auch dem Stabe durch diesen seiner Hand nur mit verhältniſsmäſsig vererter Geschwindigkeit mittheilen müsse.

So sinnreich auch diese Erklärung auf dem damaligen Stande der Untersuchung war, so muſste sie doch aufgegeben en, sobald John Walsh die wahre Ursache der Erschütg in der Bewegung des el. Fluidums aufgefunden hatte. s reichte diese allgemeine Andeutung doch nicht hin, sones kam zur Rechtfertigung derselben darauf an, die mantigen Abänderungen der Erscheinungen, vorzüglich der e der Erschütterungen, nach der Verschiedenheit der Ume mit den bekannten Gesetzen der Elektricität in Uebermmung zu bringen, und gewisse Widersprüche mit einer en Erklärung, insbesondere den Mangel gewisser Zeichen Elektricität, aller Wirkung auf das Elektrometer, überhaupt el. Anziehungs- und Abstoſsungs-Erscheinungen zu been. Dieses leistete nun besonders Cavendish auf eine un-

gemein scharfsinnige Art in jener oben angeführten Abhandl
indem er durch eine Reihe von Versuchen zu beweisen such
dafs von allen Erscheinungen am Zitterrochen befriedigende R
chenschaft gegeben werden könne, wenn man annehme, d
seine el. Organe gleich einer el. Batterie von grofser Capaci
die aber nur zu einer sehr schwachen Spannung geladen s
wirkten. Dieser Ansicht zufolge stellte die eine Fläche der
Organe gleichsam die eine Belegung und die entgegenge
die andere vor, oder es vereinigte sich wenigstens in ihnen
Augenblicke der Mittheilung der Erschütterung die ganze W
samkeit, und ging von ihnen eben so aus, wie von den b
Belegungen einer solchen Batterie. Indem Cavendish ers
Holz und dann aus mit Salzwasser getränktem Sohle
einen künstlichen Zitterrochen sich verfertigen liefs, der die
stalt des natürlichen hatte, und an den Orten, wo die el. Or
an der obern und untern Fläche sich endigen, Zinnplatten u
fähr von gleicher Gestalt und Gröfse anbringen liefs, so k
er diesen Flächen den Werth solcher Belegungen einer
schwacher Spannung geladenenen Batterie von grofser Cap
geben, indem er durch Drähte, die von ihnen ausgingen,
die durch Glasröhren isolirt waren, sie mit den Belegunge
ner wirklichen el. Batterie von der angeführten Art in Ver
dung setzte, und die wirkliche Entladung der Batterie d
Verbindung jener Drähte mit ihren Belegungen vornahm, w
er sich auf verschiedene Weise mit dem künstlichen Zitterroch
in Verbindung gesetzt hatte. Diese Versuche wurden theils
der Luft theils unter dem Wasser vorgenommen, und die v
schiedene Stärke der Erschütterungen unter den verschied
Umständen der unmittelbaren oder mittelbaren Berührung,
einseitigen Berührung mit einer oder mit beiden Händen
der einen oder an beiden Flächen der el. Organe u. s. w. stim
im Wesentlichen mit denjenigen Verschiedenheiten überein,
an dem Zitterrochen unter den gleichen verschiedenen Umst
den wirklich wahrgenommen sind. Das Ganze findet näml
seine Erklärung darin, dafs, wenn die Verbindung zwischen d
beiden Belegungen nicht durch einen vollkommenen Leiter g
macht wird, wie denn der Zitterrochen selbst und jene Kun
gebilde in Cavendish's Versuchen kein solcher sind, der En
ladungsstrom sich verbreitet und seinen Weg durch mehrere C
näle nimmt, unter welchen der menschliche Körper, die Händ

u. s. w. wegen ihres vollkommenern Leitungsvermögens
nehmen, als das Wasser nnd die eigenen Theile des
lbst.

genügend gab auch CAVENDISH durch diese Verglei-
chenschaft von dem Mangel eines Funkens bei dieser
g der Erschütterungen durch den Zitterrochen, von der
hkeit durch eine Kette von mehreren Gelenken die Er-
ng zu entladen, aus der so schwachen Spannung der
ät bei aller grofsen Quantität derselben, da auch bei zu
pannung geladener Batterien von vielen Flaschen, die
mer noch im Stande sind, bei unmittelbarer Berührung
fühlbare Erschütterung zu geben, durch den feinsten
n eine auf Glas geklebte Zinnfolie u. s. w. die Entladung
t werden konnte. Diese Ansicht fand auch den allge-
Beifall und selbst nach der Entdeckung der Volta'schen
nd ihr einige Physiker, wie namentlich selbst v. HUM-
och getreu geblieben, welcher in der Unempfindlichkeit
ktrometer für die Einwirkung selbst der kraftvollsten el.
einen Beweis finden will, dafs die Wirkungen in ihnen
ie in der Volta'schen Säule entstehen, und nicht aus der
dieser erklärt werden können [1]. v. HUMBOLDT übersah,
h eben so wenig eine geladene Leidner Flasche ohne
Spannung wenigstens an der einen Belegung denken
und dafs die Unempfindlichkeit der Elektrometer keine
Schwierigkeit bei der Erklärung nach den Gesetzen ei-
a'schen Säule mache. GÉOFFROY findet sogar in dem
er el. Organe, die ihrem Wesen nach aus sehr ausge-
n und vielen Sehnenhäuten bestehen, welche zu Zellen
sind, und eine gallert-eiweifs-artige Flüssigkeit ent-
einen neuen Beweis für diese Aehnlichkeit mit Batterien
it Blitzscheiben, indem sie abwechselnd aus Leitern (den
, und der weichen aus Eiweifs und Gallerte bestehenden
in die sich die Nerven verbreiten?), und aus Nichtlei-
en sehnigten Blättern, die sich durch diese weiche Masse
en) zusammengesetzt sind. Dafs die Elektricität des Zit-
ens wesentlich von der mechanischen Anordnung dieser
ktrischen und anelektrischen Elemente abhänge, zeige
adurch, dafs man im ganzen dieselben Theile auch bei an-

G. XXII. 12.

deren Rochen finde, ohne dafs doch letztere dieselben W gen hervorzubringen vermögen, weil nämlich bei ihn sehnigten Blätter fehlen, welche die gallert-eiweifs-arti sigkeit in kleine isolirte Massen theilen, gerade so wie Batterie oder die Blitzscheibe ihren Zweck nicht erfüllen wenn zwischen den Metallblättern keine Glasscheiben Indefs sieht man leicht, dafs dieses doch nur höchst v deutungen sind, dafs man auf keine Weise in dem Bau Organe nachzuweisen im Stande ist, wie die respectiven tiven und negativen Seiten der unzähligen kleinen Leid schen, die man in dem Organe anzunehmen gezwunge mit einander zu einer gemeinschaftlichen Belegung ver sind, und dafs endlich jene sehnigten Häute, die mit tigkeit durchdrungen sind, auf keine Weise den Dienst sten im Stande seyn würden, die entgegengesetzten Elek ten von einander getrennt zu halten, wenn sie nach de setze der Leidner Flasche vertheilt wären, wo sie näml mit ihrem ganzen Streben durch die Scheidewand hindur mit einander zu verbinden und auszugleichen, behaft ausgesetzt werden müfsten. Der Natur sich viel näher an fsend erscheint daher die höchst sinnreiche Theorie Vo welche dieser grofse Physiker gleich im ersten Anfange, seine Entdeckung der Säule den 20. März 1800 an Bank theilte, aufstellte, in jenem so merkwürdigen Aufsatze, d ihm im Nationalinstitute am 21. Nov. 1801 verlesen w wiederholte, aber noch ausführlicher in der oben bere wähnten Abhandlung vortrug. Die Hauptidee dieser Erl ist, dafs die el. Organe wahre elektrische oder Volta'sch len und zwar von der zweiten Ordnung seyen, welc blofsen feuchten Leitern bestehen. Die Structur dieser (wie sie sowohl beim Zitterrochen als beim Zitteraal, vor durch Hunter so schön dargelegt worden ist, entspricht Idee vollkommen. Nach der Analogie der Säule finden beiderlei Organen regelmäfsig abwechselnde Lagen von verschiedener Art, nämlich die Membranen, welche die dungen bilden und die gallert-eiweifs-artige Flüssigkeit man nun das Schema der gewöhnlichen Volta'schen Säu

---

1 G. XII. 412.

2 G. X. 421. 445—449.

welche aus einer sich in derselben Ordnung wieder-
Reihe von wenigstens drei verschiedenen Leitern oder
der Elektricität besteht, die unter zwei verschiedene Span-
ıen gehören [1], so muſs angenommen werden, daſs die seh-
rischenhäute aus zwei Lagen bestehen, die das Analogon
rs von Metallen, vorstellen, und als die eigentlichen Elek-
:n anzusehen sind, während die gallerteiweiſsartige Flüs-
e Rolle des feuchten Leiters übernimmt. Dieses ist auch die
'OLTA's, wenn er sagt: „Es ist selbst zu vermuthen, daſs
l. Organen des Krampffisches die kleinen Lagen oder
ı, die in jeder Säule eine über der andern liegen, ab-
d aus Leitern bestehen, die zur zweiten und zur drit-
e gehören, und so gebauet sind, daſs jede Lage, oder
:*erogene Paar* der dritten Classe von dem andern durch
:iter zweiter Classe, d. i. durch eine feuchte Lage ge-
ird.“ Daſs die festweichen thierischen Theile und die
en Flüssigkeiten nicht *eine* Spannungsreihe bilden, son-
er *zwei* Classen gebracht werden müssen, für deren jede
nes Spannungsgesetz gilt, erhellet schon daraus, daſs es
ıe galvanische Ketten giebt, welche aus bloſs thierischen
bestehen, in welche kein Erreger der ersten Classe oder
nter trockener Erreger eingeht. Da aus allen oben ange-
Erscheinungen hervorgeht, daſs an den el. Organen ge-
tellen sich befinden, in welchen die Elektricität mehr
ft ist, und ohne allen Zweifel einen Gegensatz bildet, so
die Lage dieser Pole auch sehr wohl mit einer solchen
ıe überein, denn in dem Zitterrochen haben die vielen
inander liegenden kleinen Volta'schen Säulen (die Cylin-
r Prismen der el. Organe) eine in Beziehung auf die Axe
pers verticale Lage, und ihre beiden Pole müssen also
Ober- und Unterseite (Rücken und Brust) des Fisches
ıenfallen, wie auch wirklich die Beobachtung lehrt, wäh-
im Zitteraal die Säulen der Länge nach liegen, und folg-
Pole an das andere Ende (nach dem Kopf- und Schwanz-
in) fallen müssen, was auch recht gut mit den Beobach-
an diesem Fische zusammenstimmt. Bei der auſseror-
ıen Menge der abwechselnden Lagen läſst sich auch bei
o geringem elektromotorischen Vermögen jedes einzelnen

[1] S. die Artikel: *Galvanismus und Säule, Volta'sche.*

Elements doch eine sehr starke Ladung der el. Säulen und eine sehr starke Erschütterung bei der Entladung sehr wo greifen. Auch stimmt für diese Ansicht die grofse Uel stimmung der Erschütterungen selbst mit denen, welche ' sche Säulen ertheilen. Nach VOLTA's Briefe an BANKS eine Säule aus 20 Lagen Erschütterungschläge, die dene äufserst ermatteten Krampfrochens völlig gleichen; au Säule von 60 Lagen kann man stärkere Schläge erhalten, der Krampffisch ertheilt, und so wie dieser heftigere Ers rungen in der Luft als im Wasser ertheilt, sind auch die S der Säule viel empfindlicher, wenn die Enddrähte in ve dene Wasserbehälter geleitet, und diese durch den Kö leitende Verbindung gesetzt werden, als wenn beide En mit einem Wasserbehälter communiciren, und man in beide Hände steckt. Ueberhaupt gilt für die Abänderung Stärke der Schläge nach der verschiedenen Art, wie m mit dem Krampfrochen in Verbindung setzt, alles unbeding hier, was bei der Vergleichung der Entladungen der el. mit denen einer Batterie von grofser Capacität, die nur z schwachen Spannung geladen ist, oben angeführt wur eine Volta'sche Säule vollkommen das Aequivalent einer ist, nur mit dem Unterschiede, dafs sie sich selbst gelad und nach der Entladung wieder von neuem ladet. Indefs diese ganze Reduction auf eine Volta'sche Säule völlig u gend seyn, wenn nicht zugleich Rechenschaft von de flusse der Willkür, und dafs die Entladungen ledigli dieser abhängen, gegeben werden könnte, denn es ist b gleichung aller oben angeführten Erscheinungen von selb leuchtend, dafs die el. Organe keine an und für sich g und nach jeder Entladung sich wieder durch ihren blofs chanismus ladende Säulen seyn können, weil man sons jedesmalige Berührung in einer hinlänglich grofsen Ob stets Erschütterungen erhalten müfste, und durch Comı tion der Pole der Organe mit einem Condensator oder ei terie diese geladen werden, und elektromotorische Wi zum Vorschein kommen müfsten, wovon sich aber ger Gegentheil zeigt. Vielmehr müssen erst in dem Auge in welchem die Fische ihre Erschütterungen mittheilen,

1 Phil. Trans. 1800. II. 403.

n und zugleich auch entladen werden, und die freige-
Elektricität jedesmal auch wieder im Producte aufge-
wegen sie eben so wenig auf das Elektrometer und den
or wirken kann, als die bei der Entladung einer Fla-
h den Entladungskreis sich ergieſsende Elektricität
kt. Aber auch dafür hat VOLTA Rath gewuſst. Ihm
nlich der Mechanismus, durch welchen der Krampf-
läge ertheilt, darauf zu beruhen, daſs er einige von
ntfernte Theile seines el. Organs (entweder einzelne
der vielleicht die Häute, welche in jeder Säule wie
iben über einander liegen) einander nähert, indem er
zusammendrückt, oder daſs er vielleicht im Augen-
Stoſses zwischen die Häutchen und Zwischenränder
tigkeit flieſsen läſst. Die erstere Annahme würde nun
sehr gut mit der oben näher beschriebenen Réaumür-
bachtung des Verhaltens des Fisches bei Ertheilung
e übereinstimmen, indeſs widerspricht dieser Erklä-
rfahrung CONFIGLIACHI's, daſs auch bei äuſserer Zu-
ickung der el. Organe durch Gewichte keine Erschüt-
ewirkt werden können, und was die zweite Annahme
steht ihr die Thatsache entgegen, daſs in einem or-
Körper überall keine solche leere Stellen angenommen
nnen, und daſs die Stellen der Prismen zu allen Zei-
er gallerteiweiſsartigen Flüſsigkeit vollkommen erfüllt
. Auch giebt diese Erklärung keine hinreichende Re-
von der wichtigen und constanten Beziehung, in wel-
Nerven mit den el. Organen und ihrer Thätigkeit ste-
daſs dieser Einfluſs sich nicht bloſs darauf beschrän-
, zur Bildung einer jener Schichten des Paars, aus
ene Scheidung besteht, beizutragen, die ohne alle Ab-
von eigentlicher Nervenkraft bloſs nach den allgemei-
zen der galvanisch-elektrischen Wechselwirkung ihre
orische Thätigkeit ausübte, ohngefähr auf dieselbe Art
er Säule, die man aus Muskelfleisch, Nervenmark und
Wasser oder einer Salzauflöſsung getränkten Zwischen-
auen kann, wird schon dadurch bewiesen, daſs nach
eidung der zu den el. Organen gehenden Nerven, die
de Kraft derselben auch sogleich erloschen ist, ohn-
och in diesem Falle die heterogenen Schichten, welche
gane bilden, unverändert geblieben sind.

Es bleibt unter diesen Verhältnissen nichts anders üb
als den Nerven selbst den wesentlichsten Antheil an der Erz
gung der Elektricität einzuräumen, und die el. Organe glei
sam nur als die Apparate zu betrachten, welche auf eine sec
däre Weise zur Aufnahme und Entladung der ihnen mome
mitgetheilten Elektricität dienen. Eine solche Idee hat auch R
TER in einer lehrreichen Anmerkung zu VOLTA's letztem A
satze [1] über den Krampfrochen geäufsert. Er verspricht das
in einer besondern Abhandlung darzuthun, dafs eine jede
bestehende Verbindung vieler kleiner Säulchen zum Aequ
lente einer grofsplattigen Säule in den Organen der el. F
Statt finden möge, dafs dieses aber keinesweges primitive
ta'sche Säulen, sondern secundäre von der Art seiner Lad
säulen seyen und dafs überdies diese Ladungssäulen es
selbst seyen, die, sich entladend, die Erschütterung g
sondern dafs sie, freilich vorher geladen, eigentlich dazu
ten, dafs die nach einer Reizung des Fisches von ihm geli
grofse Spannung seiner Nerven, so viel wie möglich nich
Fische selbst wieder zusammengehe und ferner vielleicht a
dafs sie dem el. gespannten Nerven während der Schlage
lung ungefähr eben diese Dienste erwiesen, wie eine el. B
rie von grofser Capacität einer Volta'schen Säule, als we
nach einmaliger Ladung jener und verbunden mit ihr bleib
dann viel stärkere Schläge ertheile als ohne eine solche Ver
dung. Einen vorläufigen Beweis für die Richtigkeit dieser A
sicht glaubt RITTER in einem von CONFIGLIACHI mit dem
terrochen angestellten Versuche gefunden zu haben. Dieser
richtete nämlich aus den getrennten Organen einiger Zitterroc
die gar keine Zeichen am Elektrometer gegeben hatten, Sä
die mehrere Minuten hindurch sehr wirksam waren, wen
einige Zeit der Wirkung einer gewöhnlichen Säule aus Z
oder Kupfer-Platten ausgesetzt wurden, ganz auf dieselbe
wie dieses bei den Ritter'schen sogenannten Ladungsäulen ein

RITTER ist indefs jene Abhandlung schuldig geblieben,
ich zweifle sehr, ob der unleugbar statt findende so wich
Einflufs der Nerven auf die Ertheilung der Erschütterungen
damit also auf die el. Ladung und Entladung der Organe, we
letztere unstreitig wenigstens als die nächste Ursache der Sch

1 a. a. O. S. 644.

iten ist, auf dem jetzigen Standpuncte unserer Kennt-
ler Nervenkraft in einer bestimmten Construction dar-
erden könne. Alles, was bis jetzt als ausgemacht an-
verden kann, reducirt sich darauf, daſs der el. Vorgang
itterfischen mit demjenigen einer Volta'schen Säule am
übereinkommt, daſs aber der einer Volta'schen Säule
loge Apparat nicht ohne weiteres durch die bloſse Ma-
nrichtung der el. Organe bedingt ist, und davon nicht
ar die Ladung abhängt, sondern daſs die Ladung und
g ein wirklicher Lebensact ist, zunächst bedingt durch
veneinfluſs auf die Organe, welcher wirklich den Be-
a des Thiers gemäſs und nach Maſsgabe der Reizung,
lbe erleidet, auf diese Organe hin determinirt wird, so
s neue Ladungen und Entladungen von gleicher Stärke
lang hindurch erfolgen können, worin sich abermals ein
Verhältniſs als das einer durch sich selbst, d. h. die
raft der elektromotorischen Apparate erneuernden La-
id thut, da bei jeder Volta'schen Säule die Erschütte-
der ersten Schlieſsung allezeit stärker ist, als bei schnell
olten Schlieſsungen oder gar während des fortdauernden
senseyns. v. Humboldt bemerkt noch, da der Zitter-
el. Fluidum (richtiger seinen Schlag) dahin richtet, wo-
ill, indem er es z. B. auf die kleinen Fische, die in ei-
ssen Entfernung sich von ihm befinden, immer mit Si-
gleich einem Blitze schleudert, wie aus der Betäubung
i erhellet, so müsse man auch zugeben, daſs die Ent-
icht zugleich durch die ganze Haut erfolge, sondern an
lle mehr als an der andern, die vielleicht durch eine
ehende Absonderung mit dem Organe in genauere Ver-
gesetzt worden ist. Indeſs scheint eine solche Annahme
ht nothwendig zu seyn, da derselbe Erfolg auch eintre-
, wenn der Zitteraal in einem solchen Falle überhaupt
s stärkere Entladung giebt, deren Wirkungskreis sich
n damit erweitern und jene Fische u. s. w. in sich auf-
muſs, ohne auf sie ihre Richtung im Raume selbst vor-
se zu nehmen, wenn gleich dem Willen des Thieres
r auf sie abzielend. Wenn irgend mehr Licht über das
und noch Verborgene, was jenen el. Erscheinungen zum
liegt, sich verbreiten soll, so muſs es von einer ge-
Einsicht in das Wesen der Irritabilität ausgehen, denn

ohne allen Zweifel schliefsen sich die el. Organe am näc
die Muskeln an, und die Zukunft ist vielleicht nicht m
welche über die Richtigkeit des Ausspruches entscheid
dafs so wie die Muskelzusammenziehungen gleichsam na
gehende elektrische Entladungen sind, eben so umgek
Entladungen der el. Fische nach aufsen gerichtete Irrit
Aeufserungen. In diesem Sinne hat auch STEFFENS d
aufgefafst, ohne jedoch durch die am Ende seiner Abh
über die el. Fische hingeworfene mehr zur Physiologi
rigen Bemerkungen — Fragen vielmehr als Antwort
gröfseres Licht verbreitet zu haben [1].

Nachdem dieser Artikel bereits ausgearbeitet war, l
erst die Inaugural-Dissertation des F. L. GUISAN [2] zu l
welche eine Reihe sehr interessanter Versuche beschrei
der Vater des Verfassers bereits im Jahre 1789 zu Caye
dem *Zitteraale* angestellt, und nach seiner Rückkehr na
ropa im Jahre 1791 der Akademie der Wissenschaften z
vorgelegt hatte, deren damalige Bekanntmachung aber du
Revolution verhindert worden war. Die von dem Sohne a
Nachlasse des Vaters in jener Dissertation mitgetheilten
rungen sind besonders dadurch interessant, dafs sie noc
die Analogie der durch den Zitteraal (und somit durch
Fische) ertheilten Erschütterungen mit denen der Volt
Säule und der Modification der Elektricität in beiden
beweisen.

a. GUISAN vergleicht die Empfindung von schwi
Schlägen des Zitteraals mit dem Kriebeln oder Ameisenk
in eingeschlafenen Gliedmafsen, auch sollen, wenn m
Fisch in der Hand behält, und die Schläge weniger heft
die Empfindungen wie Erbebungen von Saiten oder w
Art von Dröhnen auf einander folgen. Eben dieses ist
rakteristisch bei den Erschütterungen durch Volta'sche Sä

1 Aufser den einzelnen in dem Abschnitte der Literatu
führten Abhandlungen verdienen noch über die el. Fische vergl
werden: CAVALLO's vollständige Abhandlung u. s. w. II Bände.
1797. IIter Band. S. 226 — 247. ERXLEBEN's physikalische B
Bd. II. III. IV. SINGER Elemente der Elektricität u. s. w. S. 186
Darstellung VOLTA's, seiner Untersuchungen über die Galvanis
tricität und ihrer Resultate in Gilb. N. Ann. XXI. S. 341.
STEFFENS über die elektrischen Fische. Frankfurt am Main 181

2 De gymnoto electrico. Tubing. 1819.

Eine zweite auffallende Analogie bot sich in den sehr
len Funken dar, welche GUISAN dem Zitteraale zu ent-
wufste. Er bediente sich dazu zweier Leiter aus Flin-
n und Eisendrähten zusammengesetzt, welche letztere
i kleineren Flintenläufen verbunden waren, die nur eine
inie aus einander standen. Die gröfseren Flintenläufe
mit ihren Enden in der einen erleuchteten Hälfte eines
lten Zimmers, in welcher sich ein kräftiger Zitteraal auf
solirten Tische befand, mit dem Kopfe und Schwanze
n in Verbindung gebracht, während GUISAN in der an-
finsterten Abtheilung des Zimmers die Erscheinungen an
le, wo der leitende Kreis unterbrochen war, beobach-
a dem Augenblicke der Verbindung mit dem Fische bra-
den Zwischenräumen *lebhafte Funkensonnen* von eini-
len im Durchmesser mit einem Geräusch wie die Fun-
m Feuerschlagen hervor.

GUISAN machte auch bei einem grofsen Zitteraale, wel-
Tage in Ruhe gelassen war, die sonderbare Beobach-
lafs, als ein Leiter dem Munde desselben genähert wurde,
h bei vielem Lichte sehr *sichtbarer Strahlenbüschel* dar-
vorkam, und dafs dieser Leiter vom Munde entfernt ei-
cunden hindurch ähnliche Strahlen ausströmte. (?)

Er fand, wie v. HUMBOLDT, dafs eine Lichtflamme,
ie auch vollkommen den kleinen Zwischenraum im lei-
Kreise ausfüllte, die Durchleitung der Wirkung vollkom-
inderte, während sowohl glühende als trockene *Kohlen*
Leiter zeigten.

Die Wirkung des Zitteraales war eben so wie die der
chen Säule in dem Verhältnisse stärker, in welchem die
in einem gröfseren Umfange von der Hand umspannt wur-
ind in einer gröfseren Ausdehnung den Fisch berührten.
Obgleich die stärkere Wirkung erfolgte, wenn der Kopf
hwanz des Fisches zugleich berührt wurden, so war doch
ine nur einseitige Berührung irgend eines Theiles des Fi-
mit einem guten Leiter hinlänglich, um die Erschütterung
heilen, und besonders schien der Kopf des Fisches hierin
Vorzug zu haben. Er zerschnitt Zitteraale in drei Theile,
iden hinteren schienen die el. Kraft verloren zu haben, der
und die mit ihm verbundenen Theile gaben aber noch 20
en hindurch lebhafte Stöfse, und als alle drei Theile wie-

der an einander gefügt wurden, so durchdrang das el. Fluidum sie alle vom Kopfe bis zum Schwanze. In einem andern Fa wo das Gehirn eines Zitteraals mit einem Meifsel durchbo wurde, ertheilte der Fisch doch noch längere Zeit hindurch E schütterungen, die jedoch am lebhaftesten waren, wenn d Finger in die Wunde oder in den Mund gesteckt wurde; da als beim allmäligen Absterben dieses Fisches auch sein Ver gen, Erschütterungen zu ertheilen, verschwand, wurden die l ten Spuren desselben noch empfunden, als der Finger in Wunde im Schwanze hineingesteckt wurde.

g. Guisan beobachtete gleichfalls die besondere Emp lichkeit des Zitteraals für Körper, welche seine Entladung züglich bewirken können, und also namentlich für Metalle, wenn sie in den Wasserbehälter, in welchem der Fisch sich findet, hineingesteckt werden, ihn jedesmal in eine beso Unruhe versetzen; auch wenn er nach den Umständen die nicht bemerken kann, und sie ihn hinanzuschwimmen ve lassen, wo er denn mit einer grofsen Heftigkeit dieselben fafst, um gleichsam sein el. Fluidum in sie zu ergiefsen.

Fixsterne.

Stellae fixae; étoiles fixes; *fixed stars;* heifsen Sterne, die nicht *Kometen* oder *Planeten* sind, und zwar wegen, weil sie ihre gegenseitige Stellung immer unverä behalten.

Scheinbare Bewegung und Gröfse.

Dafs die Fixsterne, obgleich wir sie als ihre Lage nicht dernd ansehn, dennoch scheinbare Bewegung zeigen, läfst wohl erklären. Die tägliche Bewegung der Erde um ihre bringt den *scheinbaren Aufgang* und *Untergang* der Ste und den Anschein, als ob sie sich in 24 Stunden um die E bewegte, hervor, aber da diese Bewegung allen gemeinsch lich ist, so erkennen wir leicht, dafs nur die Rotation der E es ist, die diese scheinbare Bewegung hervorbringt. Der L der Erde um die Sonne bringt eine in verschiedenen Jahreszei ungleiche Stellung der Sterne gegen die Sonne hervor; diej gen Sterne, welche zu gewissen Zeiten Abends aufgehen, kom men zu anderer Zeit erst um Mitternacht oder Morgens über den

nte herauf; aber auch hier überzeugt man sich leicht, dafs rne unter sich ihre Stellungen behalten und blofs die scheinbar unter ihnen fortrückt, wovon das wahre Fort- der Erde die Ursache ist.

ıch in dem *täglichen* Fortrücken der Sterne am Himmel t der genau beobachtende Astronom kleine scheinbare :hheiten. Der Stern, der das eine Mal nahe am Zenith, lre Mal nahe am nördlichen Horizonte durch den Meri- ht, erscheint in seiner letzten Stellung den nahe am Pole nmels stehenden Sternen etwas näher, als in der ersteren r Weg, den er um den Pol beschreibt, ist kein ganz r Kreis. Aber aus allen Beobachtungen ergiebt sich, t die Brechung der Lichtstrahlen in der Atmosphäre diese ı Aenderungen bewirkt.

ben so ist auch die im Laufe vieler Jahre merklich wer- Aenderung der Lage der Fixsterne gegen den Himmelspol wahre Bewegung der Sterne, sondern sie entsteht nur da- , dafs die Axe der sich drehenden Erde nicht ganz genau rer vorigen Lage parallel bleibt. Das Rückgehen der ;leichen besteht nämlich in einer Aenderung der Lage des :ors am Himmel und in einem dadurch bewirkten Fort- des Nachtgleichenpunctes; und da von diesem Puncte an nge der Gestirne gezählt wird, so ändert sich diese, wäh- ie Breite ungeändert bleibt. Auch die Rectascension und ation der Sterne, die sich von einem Jahre zum andern auf einen andern Aequator beziehen, leiden fortwährend eshalb eine Aenderung. Aber alles dieses hat nur seinen darin, dafs die Axe der Erde nach bestimmten Gesetzen tellung ändert, und nicht immer dem Sterne zugewandt gegen den sie jetzt gerichtet ist. Etwas Aehnliches gilt iehung auf die kleinen Aenderungen, welche durch die nnte *Nutation* der Erdaxe und die Abnahme der Schiefe kliptik in der Stellung der Sterne gegen Aequator und ik hervorgebracht werden. Auch die zwar schnelle och eine Zeit fordernde Bewegung des Lichtes bringt eine Aenderung in dem scheinbaren Orte der Fixsterne her- Endlich ist es wahrscheinlich, dafs auch eine eigene gung unsers ganzen Sonnensystems eine scheinbare Aen-

S. *Abirrung des Lichtes.*

derung in der Lage der Sterne hervorbringen mag, wov nachher bei der eignen Bewegung der Fixsterne etwas sagen

Die scheinbare Gröfse oder eigentlich der *scheinbare* der Fixsterne ist sehr verschieden, von dem lebhaftesten (an, den der *Sirius* uns zeigt, bis zu den feinsten teleskop Sternen hinab, die selbst den mächtigsten Fernröhren nu kaum erkennbar sind. Man hat die Sterne immer in Sten ster Gröfse, zweiter Gröfse und so weiter eingetheilt; aber freilich zu oberflächlichen Bestimmungen zureichende, A beruhte auf keinem sichern Grunde, und es war daher einmal genau möglich, bei allen Sternen zu sagen, ob m denn noch zur zweiten oder schon zur dritten Ordnung re solle u. s. w. Herschel hat eine zuverlässigere Method folgt, um die Gröfse der Sterne zu bestimmen. Da ni die Betrachtungen, welche im Art. *Fernrohr* angegeben ihm dazu dienten, die Lichtstärke seiner Fernröhre zu be men, so fand er darin ein Mittel, den wahren Glanz s Sterne mit einander zu vergleichen. Wir sehen im Fern ein minder glänzendes Bild eines Sterns, wenn wir die nung des Fernrohrs zum Theil verdecken; wenn man also an sich ganz gleiche Fernröhre so anwendet, dafs man das eine mit unverminderter Oeffnung einen kleinern Ster obachtet, durch das andere einen gröfseren Stern, bei dem teren aber die Verminderung der Oeffnung allmälig fortsch läfst, bis der gröfsere Stern wegen verminderter Oeffnung kleinern mit voller Oeffnung gesehenen Sterne gleich is hat man durch die Abmessung der Oeffnung ein genaues der Lichtstärke beider. Dafs aber der Eindruck, den beide S auf das Auge machen, gleich ist, erkennt man, wenn abwechselnd durch das eine Fernrohr den einen, durc andere Fernrohr den anderen Stern beobachtet. Auf diese hat Herschel viele Bestimmungen gemacht, von dene gende Angaben als Beispiele dienen [1]. Der Stern *α* in de *dromeda*, und der *Polarstern* haben $\frac{1}{4}$ des Lichtes, w *Arcturus* besitzt; der Stern *μ* im *Pegasus* hat $\frac{1}{4}$ des Licht *α* der *Andromeda*; und ebenso ist q im *Pegasus* ein Sterne, die $\frac{1}{4}$ des Lichtes haben, das wir am *μ* des *Pegas* obachten. Aus den im Art. *Fernrohr* angeführten Gr

1 Philos. Trans. for 1818. 429.

ıan also sagen, wenn Arcturus in die zweimal so groſse
ıung von uns gerückt würde, so würde er α der Andro-
;leich erscheinen; viermal so entfernt, als er jetzt ist,
er dem μ des Pegasus, achtmal so entfernt würde er dem
Pegasus gleichen. Hiernach müſste man q des Pegasus,
Stern achter Gröſse nennen, obgleich die Verzeichnisse
fünften Gröſse rechnen. Nach ähnlichen Bestimmungen
Herschel das Licht des *Sirius* $=1$, der *Capella* $=\frac{4}{9}$,
ocyon $=\frac{1}{4}\frac{6}{9}$ und so ferner, und findet, daſs die klein-
nit bloſsem Auge noch sichtbaren Sternen, die man zur
n und siebenten Gröſse zu rechnen pflegt, nur $\frac{1}{144}$ des
, welches Sirius hat, besitzen, oder etwa $\frac{1}{150}$ des Lich-
verschiedenen Sterne, die wir erster Gröſse nennen, daſs
iese Sterne reichlich zwölfmal so entfernt als Sterne der
Gröſse seyn müssen, und daher zur zwölften Gröſse müſs-
rechnet werden. Bedenkt man nun, daſs die raumdurch-
nde Kraft eines 20füſsigen Herschelschen Teleskops etwa
80 mal so groſs als die des bloſsen Auges ist, so reicht
lches Fernrohr bis zu Sternen der 840sten bis 960sten Gröſse;
chel's 25füſsiges Teleskop bis zu Sternen der 1150ten
; das 40füſsige, dessen Kraft $=191$ ist, bis zu Sternen
290ten Gröſse.

ıber nicht bloſs die Gröſse der Sterne ist sehr verschieden,
rn auch ihre *Farbe*. Sirius hat ein weiſses Licht, statt daſs
aran, der Stern Beteigeuze in Orion's Schulter und andre
ind; Herschel nennt den Stern 22. σ. des groſsen Hun-
Granatroth, und noch mehr rothe Sterne giebt Lalande
Auch andere Farben finden sich bei den kleinern Sternen
Herschel's Verzeichnisse geben blauliche, grünliche und
te Sterne an [2]. Auch noch andere Verschiedenheiten des
es glauben einige Beobachter bemerkt zu haben. Olbers
bemerkt, daſs unter den kleineren Sternen einige ein scin-
ndes Licht zeigen, während andere, bei gleicher Licht-
, ein stilles und ruhiges Licht besitzen, und äuſsert den
nken, daſs die letzten wohl die entferntern seyn möchten [3].

Connaiss. des Tems. pour. l'an XV. p. 378. und de Zach corr.
. VII. 298.

Vorschläge die Farben der Sterne näher zu bestimmen in Philo-
Magaz. 1824. März. Apr.

Astron. Jahrb. 1826. S. 120.

Wahre Entfernung und Gröſse, Anzahl und Anordnung der Sterne.

Da die Erde jährlich einen Kreis durchläuft, der 41 Millio-nen Meilen im Durchmesser hat, so sollte man glauben, es müſste eine Parallaxe der Fixsterne statt finden, man müſste an den nähern eine scheinbare Aenderung der Stellung gegen die entferntern bemerken; aber dieses ist auf keine merkliche Weise der Fall. Die seit Bradley's Zeit oft wiederholten Bemühungen, die jährliche Parallaxe der Fixsterne zu bestimmen, haben die Ueberzeugung herbeigeführt, daſs sie gewiſs bei keinem Stern, auf den man die Beobachtung gerichtet hat, zwei Secunden trägt, ja daſs sie vermuthlich kleiner als 1 Sec. ist, aber etwas Bestimmtes, wie groſs die Parallaxe sey, hat man noch bei k nem Sterne gefunden.

Herschel brachte die Beobachtung der Doppelsterne Vorschlag, um die Parallaxe zu bestimmen, weil, wenn ein herer und ein sehr viel entfernterer Stern fast in gerader Linie unserer Sonne stehen und sich uns daher als Doppelstern zeig die kleine Aenderung in der gegenseitigen Stellung, welche der Bewegung der Erde hervorgehen möchte, am leichte merklich seyn würde. Schröter hat solche Beobachtungen gestellt und glaubt an ζ Orionis und an Mesarthim eine Parall von ¼ bis ½ Sec. beobachtet zu haben [1]. Aber im Allgeme ist diese Methode doch nicht zu empfehlen, weil unter den Dop-pelsternen weit mehr einander nahe stehende Sterne seyn m gen, als solche, die weit von einander nur durch Zufall nahe neben einander erscheinen, und nur diese, die wir n und nach wohl mit einiger Sicherheit erkennen werden, sind dieser Beobachtung passend. Andere Astronomen sind d auch in neuerer Zeit zu der unmittelbaren Ortsbestimmung d Sterne zurückgekehrt, so wie Bradley sie zu eben dem Zweck anwandte. Piazzi, Calandrelli, und Brinkley haben ge-glaubt, bei den allersorgfältigsten Beobachtungen eine Parall zu bemerken, die nach Calandrelli [2] bei α der Leier sog auf 5″, nach Brinkley bei eben dem Sterne auf 2½″ gehen soll. Piazzi's Beobachtungen des Polarsterns, die eine Parallaxe von

1 Astr. Jahrb. 1805. 200.

2 Astronom. Jahrb. 1814. S. 229. Philos. Transact. 1818. 275. 1821. 327.

geben schienen, geben aber nach v. Lindenau's Be-
g gar keine Parallaxe, wenn man einige Beobachtungen,
ı Maskelyne's gleichzeitigen Beobachtungen zu sehr
ıen, ausschliefst [1]. Brinkley's Beobachtungen, von
übrigens Pond mit aller Achtung spricht, scheinen
eichfalls durch irgend einen andern Umstand die Diffe-
gegeben zu haben, die Brinkley der Parallaxe zuschreibt.
ses sicher zu entscheiden, hielt Pond seine übrigen vor-
en Instrumente nicht für genau genug, und liefs daher
:hnfüfsige Fernröhre völlig feststehend, das eine auf α
ıers, das andere auf α des Schwans richten [2]. Jedes die-
nröhre enthält ein sehr genaues Mikrometer und man
ıtet nun den Durchgang jenes Sternes und eines zweiten
asselbe Feld gehenden, der nach seiner Stellung die Maxima
allaxe zu ganz anderen Jahreszeiten haben müfste. Auf diese
wurden α des Schwans und β des Fuhrmanns zusammen
htet, und hier ergab sich, dafs die Parallaxe dieser Sterne
lich $\frac{1}{10}$ Sec. betragen könne [3]. Bei α der Leier konnte diese
chtung nicht gut gebraucht werden, weil kein hinreichend
auch bei Tage im Fernrohr sichtbarer Stern sich in glei-
eclination und ungefähr 12 Stunden später durch den Me-
gehend auffinden läfst; Pond beobachtete daher α der
und γ des Drachen, so dafs er ihren Winkelabstand zu
ahreszeiten strenge bestimmte, und durfte diese Sterne
sto mehr Recht wählen, da Brinkley dem ersten eine
ende Parallaxe, dem zweiten gar keine merkliche Parall-
ıschreibt. Bei diesen Beobachtungen wurden alle Vor-
ı angewandt, und namentlich darauf gesehen, dafs die
eratur im Observatorio der äufsern gleich war, und das
at war, dafs auf den Unterschied der Parallaxen beider
noch kein Zehntel Secunde komme [4]. Auch die auf α
ier allein gerichteten Beobachtungen zeigen, dafs dieser
keine für Pond's höchst vortreffliches Instrument merk-
Parallaxe hat [5], und dafs also wohl in Brinkley's Instru-

Astron. Jahrb. 1819. S. 217.
Phil. Tr. 1817. 160.
Phil. Tr. 1817. 356.
Phil. Tr. 1823. 54.
a. a. O. 69. 70. 72.

ment, so vorzüglich es für Sterne nahe am Zenith ist, doc vielleicht kleine Fehler, die zugleich von der Temperatur ab hängen mögen, bei Sternen, welche weiter vom Zenith entfer sind, eintreten.

Auch nach diesen Untersuchungen also scheinen wir zu d Behauptung zurück geführt zu werden[1], daſs wir die Grenz der Parallaxen immer desto enger finden, je vollkommener u sere Instrumente und unsere Beobachtungsmethoden werden, daſs eine wahre Bestimmung der Parallaxe unmöglich ist. trüge aber die Parallaxe ½ Secunde, für die nächsten Fixste so wären diese dennoch 500000 mal so weit als die Sonne, ist 10 Billionen Meilen von uns entfernt und das Licht, ches in 8⅛ Minuten von der Sonne zu uns kommt, wü 7⅔ Jahre gebrauchen, und von diesem nächsten Fixsterne zu gelangen. Der gröſseste Theil der Fixsterne muſs noch w entfernter seyn, und wenn man annimmt, daſs der *Sirius* Weltkörper mittlerer Gröſse ist, oder daſs im Allgemeinen Sterne, die uns am gröſsten erscheinen, nur durch ihre N diesen Vorzug haben, (eine Voraussetzung, die allerdings Beziehung auf einen einzelnen Stern fehlerhaft seyn kann, als mittlere Bestimmung für *alle* doch die einzige wahrsch liche ist), so läſst sich nach den schon angeführten Bestimm gen HERSCHEL's mit Grunde sagen[2], daſs die uns mit Fe röhren sichtbaren Sterne sich wenigstens bis auf 900 Siriusw ten oder bis auf Entfernungen, 900 mal so groſs, als die nächsten Fixsterns erstrecken. HERSCHEL führt[3] Beobacht gen über die Sterne im Degengriff des Perseus an, welche groſser Sicherheit zu zeigen scheinen, daſs hier Sterne hi einander liegen, die sich von 24 Siriusfernen bis 340 Sirius nen durch einen Raum von 3000 Billionen Meilen erstrec Dieser Sternhaufen nämlich zeigt dem bloſsen Auge keinen zelnen Stern deutlich; nimmt man aber ein Fernrohr, wel doppelt so weit als das bloſse Auge in den Raum eindringt,

---

1 Auch BESSEL stimmt hiermit überein: Fundamenta astro miae p. 121.

2 Diese Angabe Herschel's scheint absichtlich, als die kleins welche man annehmen kann, gewählt, denn nach der Kraft des füſsigen Teleskops zu rechnen, könnte man 2000 statt 900 setzen.

3 Phil. Tr. 1818. 429.

a einige Sterne, deren Zahl stets mehr zunimmt, je
ıan nach und nach die Kraft des Fernrohrs wählt, und
igen sich noch neue Sterne, wenn man auch ein Fern-
mt, das 28½ mal so weit als das blofse Auge (bis 342
ıen) in den Raum eindringt. Bei einem solchen ein-
ernhaufen kann man zwar einwenden, er könne wohl
eren, einander nahe stehenden Sternen bestehen, aber
raussetzung kann doch nicht mit Wahrscheinlichkeit
Gegenden der *Milchstrafse*, in welcher auf ähnliche
des stärkere Fernrohr immer neue Sterne sichtbar macht,
dt werden, und wir dürfen sagen, dafs so weit es uns
n irdischen Standpuncte zu beurtheilen erlaubt ist, die
gebenden, besonders in der Milchstrafse sich bis zu
Entfernungen erstreckenden Sterne, bis auf wenigstens
illionen Meilen Entfernung von uns ausgebreitet seyn

ber die *wahre Gröfse* der Sterne können wir zwar nichts
ı sagen, aber die Ueberlegungen, die sich uns hier dar-
stimmen so mit den eben angeführten Bestimmungen zu-
ı, dafs sie diese zu bestätigen dienen. Dafs sie *Sonnen*
lbstleuchtende Körper sind, kann man als gewifs anneh-
ıeils weil wir nicht einsehen, von woher sie Erleuchtung
ı sollten, theils weil Körper mit fremdem Lichte erleuch-
gewifs nicht in so grofser Entfernung sichtbar seyn könn-
ler scheinbare Durchmesser der Sterne ist aber so klein,
eine Messung desselben nie zu denken ist. Je reiner
ler sind, die ein Fernrohr darstellt, desto mehr überzeugt
:h, dafs auch die stärksten Vergröfserungen keinen mefs-
Durchmesser zeigen. Eben dieses zeigt die Bedeckung
rne durch den Mond, indem sie hinter dem dunkeln
nicht nach und nach, wie es einem gröfsern scheinbaren
ıesser gemäfs wäre, sondern plötzlich verschwinden.
hotometrische Untersuchungen zeigen, dafs wenn unsere
so weit hinausgerückt würde, als die nächsten Fixsterne
:yn mögen, sie uns wohl noch den Glanz eines Fixsterns
könnte, obgleich ihr Durchmesser nur noch $\frac{1}{210}$ Sec. be-
, also unmefsbar seyn würde. Als ein Beispiel solcher
mung theilt Olbers[1] die Vergleichung mit, die sich aus

---

v. Zach Mon. Corr. VIII. 301.

dem, zu gewissen Zeiten gleichen Glanze des Mars und Baran ergiebt. Diese zeigt, daſs man die Lichtstärke der wenigstens 97000 Millionen mal gröſser als die eines Fi erster Gröſse setzen muſs, und daſs sie sogar wohl über 1 Millionen mal so groſs kann angenommen werden. Sol Sonne also so schwach an Licht erscheinen, als ein Fixste ster Gröſse, so müſste sie 310000 mal bis 350000 mal so w uns seyn, als sie jetzt ist, und auch nach diesen Bestimm wäre die Entfernung des nächsten Fixsterns 7 Billionen M Wir können also nun auch den Schluſs umkehren und sag nach Angabe der Parallaxe die Entfernung selbst der nä Sterne so ungemein groſs ist, so müssen wenigstens die erster Gröſse eher gröſser als kleiner, wie unsere Sonne und da doch ganz gewiſs nur wenige Sterne sich in jener g sten Entfernung, die übrigen nach und nach viel weite fernt, befinden, so ist aller Grund, im Allgemeinen zu die Fixsterne sind wahrscheinlich nicht kleiner als unsere S Schubert's[1] Meinung, daſs die Sterne, die entfernter vo stehen, auch kleiner sind, eben darum aber auch unser sich nicht so tief in den Raum erstrecke, als Herschel nimmt, scheint mir ganz unbegründet, obgleich im Ein wohl manche Sterne klein seyn können, und es sofern unmöglich wäre, daſs selbst unter den kleiner erschein Sternen einmal einer aufgefunden würde, der eine meſsbar rallaxe hätte.

Ueber die *Anordnung* der Sterne in dem unermeſsl Sternsysteme, zu welchem uusere Sonne gehört, wisse nichts, und haben keine sicheren Mittel, um uns zuverl Kenntnisse davon zu erwerben. Nimmt man an, daſs im D schnitt alle Sterne gleich groſs sind, so würde Herschel's erwähnte Methode, zu beobachten, bei welcher Raum d dringenden Kraft uns irgend ein Stern sichtbar wird, ein l seyn, die Entfernung desselben zu bestimmen, und die gestellten Abzählungen scheinen die gleiche Austheilung im R welche ohnehin die einzige wahrscheinliche Hypothese ist nigstens eher zu bestätigen als zu widerlegen. Wenn ma eine Kugelfläche vom Halbmesser = 1 als das Gebiet

---

1 Nicht des Astronomen, sondern des Philosophen, de *Kosmographie* geschrieben hat.

ст, und das Gebiet einer zweiten Sonne daran grenzstände diese in der Entfernung = 2 und ihr Gebiet ch von der Entfernung = 1 bis zur Entfernung = 3; hicht zwischen den Oberflächen, deren Halbmesser = 3 sind, enthält aber 26 solche Räume, wie das Ge- Sonne, und es müfsten daher bei gleicher Austheiterne 26 Sterne erster Ordnung seyn; die Kugelischen den Halbmessern = 3 und = 5, enthält 98 e, dem Gebiete unserer Sonne gleich, also Raum für ler zweiten Ordnung und eben so haben wir 218 für lritten Ordnung, 388 für Sterne der vierten Ordnung. CHEL's oben angeführten Beobachtungen würde μ des r vierten Ordnung gehören, und wenn man alle Sterne nimmt, die, nach den gewöhnlichen Angaben der iben so grofs oder gröfser erscheinen, so geben die eren 730 (eigentlich wohl noch mehrere, da PIAZZI's n Stern μ schon zwischen vierter und fünfter Gröfse demnach den 728 Sonnengebieten ganz genau angeiren. Gehen wir nun weiter und berechnen die Räume a Ordnung = 602, der sechsten Ordnung = 866, der Ordnung = 1178, so würde die Summe dieser Räume , und da q des Pegasus, ein Stern fünfter Gröfse nach ogen, nach HERSCHEL's Bestimmung der Lichtstärke lie achte Ordnung gehört, so könnten wir die 1161 fünften Gröfse, welche die Kataloge angeben, zu dierdnungen rechnen, und diese wären also lange nicht h, als sie seyn könnten. Die Zahl der Sterne, welsechster oder siebenter Gröfse nennt, wird auf unge-0 angegeben, aber da unsere Kataloge hier unvollind, so mufs man freilich etwas mehr rechnen; diese hmen nach HERSCHEL's Lichtabmessung wenigstens neunte, zehnte und eilfte Ordnung ein und der Raum, zerstreut sind, beträgt gegen 9000, oder wenn man te Ordnung, wie es nach HERSCHEL's Bestimmung ernoch mit hinzunimmt, über 12000, so dafs bis zu den hin, die das blofse Auge übersieht, die gleiche Gröfse e und die gleiche Ausdehnung der Sterngebiete nicht von der, als wahrscheinlichstes Resultat der Beobachergebenden Bestimmung abweicht. Diese Ueberlegunen auch den Weg, wie man die Frage nach der Anord-

nung unsers Sternsystems, zwar nie mit Sicherhei doch mit immer gröſserer Wahrscheinlichkeit weitei worten kann.

Bei früheren Beobachtungen hatte HERSCHEL, um gefähr den Umriſs des Sternsystems kennen zu leri welchem unsere Sonne gehört, sich mehr auf die S lungen verlassen, und die Entfernung, bis zu welche sich die in einer bestimmten Gegend beobachteten St streckten, der Cubikwurzel ihrer Anzahl in einem imr chen Gesichtsfelde proportional angenommen, so da wenn das eine Mal 5, das andere Mal 472 Sterne im (felde erschienen, die Räume, worin sie ausgebreitet seyi ten, wie $\sqrt[3]{5}$ zu $\sqrt[3]{472}$, wie 1710 zu 7786 angenommen Nach diesen Grundsätzen hat damals HERSCHEL eine schnitt unsers Sternsystems gezeichnet[1], und die Aus desselben nach einer Richtung *senkrecht auf* die Milc etwa 100 Siriusfernen nach beiden Seiten, nach einer R *in* der Milchstraſse an der einen Seite 300, an der and gen 500 Siriusfernen angegeben. Wenn man mit Fer von ungleichen Raum durchdringenden Kräften nach al genden des Himmels ähnliche Sternzählungen anstellte, so die Frage nach der Anordnung und Gröſse unsers Stern viel vollständiger beantwortet werden, und HERSCHEL'I ben, die als erste Versuche dieser Art schon recht viel g haben, würden gewiſs noch manche Berichtigung erhalti

Von der unzähligen Menge der Sterne geben diese l gen wenigstens einen oberflächlichen Begriff. HERSCHE nämlich an, daſs nach der Zählung in einigen Gesicht in dem dichtesten Theile der Milchstraſse, 116000 Stern ner Viertelstunde durch das Teleskop gingen, in einem S der $2\frac{1}{2}$ Grad Breite hatte. In den von der Milchstraſse (ten Gegenden des Himmels ist freilich die Anzahl dei viel geringer, aber wie ungemein groſs dennoch die An mit den stärksten Fernröhren sichtbaren Sterne ist, lä hieraus ungefähr abnehmen.

---

1 Herschel's sämmtliche Schriften 1ster Band. S. 114.

ʒene Bewegung der Fixsterne.

:h wir, sobald es auf irgend erhebliche Aenderungen
ng ankommt, mit Recht behaupten, dafs die Fixsterne
; gegen einander nicht ändern, so haben doch genaue
ʒen gezeigt, dafs auch sie nicht ganz unbewegt bleiben.
ıeinend eigenthümliche Bewegung ist zuerst von
lurch Vergleichung mit des Ptolemäus Angaben
ıd für einige gröfsere Sterne ist theils von ihm, theils
:. und mehreren Astronomen derselben Zeit, die Gröfse
ückung angegeben worden. Ein etwas vollständige-
.nifs von 70 Sternen, an denen man eigene Bewegung
;ab Tob. Mayer [2] und später sind die Beobachtun-
› Vergleichungen mit älteren Beobachtungen sehr ver-
len. Namentlich hat Piazzi seine eigenen Beobach-
denen der früheren Astronomen verglichen; Bessel
.adley's Beobachtungen die nach allen Reductionen
nde eigene Bewegung bestimmt. Maskelyne und
m eben diese Vergleichungen angestellt [3]. Nach die-
suchungen hat *Sirius* eine eigene Bewegung von
ich, *Arcturus* rückt 2 Sec. südlich fort. Eine vor-
:ke eigene Bewegung haben nach Bessel μ der *Cas-*
relcher 6′ 10″ in 100 Jahren fortrückt, d im *Eri-*
cher 6′ 44″, und No. 61 im *Schwan*, welcher 8′ 31″
Jahren zurücklegt. Bei diesen Sternen beträgt also
Bewegung 4 bis 5 Secunden jährlich und kann daher
genommen werden. Bessel führt es als etwas vor-
merkenswerthes an, dafs sich unter den Sternen, de-
Bewegung bedeutend ist, so viele Doppelsterne fin-
lich unter den aus Bradley's Beobachtungen ange-
l Sternen, deren jährliche Bewegung mehr als $\frac{1}{2}$ Sec.
nd 17 Doppelsterne; ja es rücken selbst Sterne, die
nder ganz nahe stehen, gemeinschaftlich fort, z. B.
lstern A im *Ophiuchus* und No. 30. im *Scorpion*, die
:n von einander entfernt sind, haben eine gemein-

1. Tr. 1718. 736.

era inedita. I. No. 6.

ızzi im Libro sesto del real osserv. di Palermo, Bessel in
mentis astronomiae pro anno 1755, p. 308.

schaftliche Bewegung, die über 1 Sec. jährlich beträgt Aehnliches scheint hie und da bei noch weiter von entfernten Sternen statt zu finden. Pond[2] hat zu d stimmungen der eigenen Bewegungen noch folgende tete Bemerkung hinzugefügt. Wenn Pond aus B Beobachtungen für 1756 und aus seinen eigenen Beob für 1813 die eigene Bewegung, so als ob sie gleichför herleitete, und, mit gehöriger Rücksicht auf das Rück Nachtgleichen, den Ort eines Sternes für eine später stimmte, so fand er im Allgemeinen, daſs die Beobac Sterne südlicher angab, als jene Vorausberechnung; d denz zu einer südlichern Stellung schien stärker bei c chern als bei den nördlichern Sternen, und die wenig die eine Tendenz nordwärts zeigten, lagen nördlich vo und hatten ihre Lage wenig geändert. *Sirius* befinde der Seite des Himmels, wo die südliche Bewegung, scheint, am merklichsten ist, *Antares* in der entgegen Gegend, wo sie wieder merklich ist. Einige Sterne h mehr von ihrem vorausberechneten Platze entfernt, a benachbarte Sterne, und da wo dieses der Fall ist, fi die Bewegung allemal südlich. *Capella*, *Procyon* ur deren eigene Bewegung schon nach älteren Beobacht südwärts gerichtet bekannt war, stehen immer südv dem voraus berechneten Orte, und haben also eine nigte südwärts gerichtete Bewegung. Zu bemerken auch, sagt Pond, daſs obgleich in dem Greenwicher sich eben so viele Sterne finden, deren eigene Bewegu lich, als deren eigene Bewegung südlich ist, den Summe aller südlichen eigenen Bewegungen viermal so aller nördlichen ist, doch könne man noch immer ni sagen, ob dieses nicht Zufall sey.

Man kann mit Recht die Frage aufwerfen, ob r diese Bewegung der Fixsterne nur eine scheinbare Prevost nebst Herschel haben fast zu gleicher Zeit c suchung angestellt, welche scheinbare Bewegung sic Sternen müſste wahrnehmen lassen, wenn unsere S allen Planeten im Weltraume fortrückte. Ist nämlic

1 Dies bestätigen South and Herschel Ph. Tr. 1826.

2 Phil. Tr. 1823. p. 36.

Fixstern, und haben andere Fixsterne eine eigene Be-
ist es wahrscheinlich, daſs auch sie im Raume fort-
s ist schon an sich eine absolute Ruhe ganz unwahr-
diese Bewegung aber muſs auf den scheinbaren Ort
einen Einfluſs haben, am meisten auf die, welche
ind. Die Sterne, gegen welche hin sich unser Son-
bewegt, müssen weiter aus einander zu rücken, die
hinter uns zurücklassen, müssen ihre Abstände zu
scheinen, alle aber werden sich, wenn die Bewe-
Sonne allein die Ursache dieser scheinbaren Be-
:, so fortbewegen, daſs der scheinbar durchlau-
ı gegen den Punct zu geht, von welchem ab-
re Bewegung gerichtet ist. Hierauf gründete sich
und Herschel's Bemühung aus den damals bekann-
ıtungen die Richtung der Bewegung vieler einzel-
auf die Himmelskugel aufzuzeichnen, und zu se-
Durchschnittspuncte dieser Richtungslinien vielleicht
immelsgegend zusammenfielen. Wäre wirklich die
unserer Sonne, die wir ohne Zweifel für eine nicht
che Zeit als geradlinigt ansehen dürften, die *einzige*
ıer Erscheinung, und wären die Beobachtungen voll-
nau, so müſsten alle jene scheinbaren Wege einzel-
verlängert sich genau in zwei einander gegenüber
uncten der Himmelskugel durchschneiden, und alle
n müſsten dem *einen* Puncte zu gehen; und selbst
haft eigene Bewegungen sich einmischten, lieſse sich
aſs jene Durchschnittspuncte doch um den Punct
ohin sie eigentlich genau fallen sollten, zahlreicher
rden, als anderswo. Die Beobachtungen schienen
lich zu bestätigen, und die Durchschnittspuncte der
ıf welche die Sterne fortrücken, deren eigene Bewe-
rheblichsten ist, schienen nach Prevost[1] um einen in
ıscension liegenden Punct am meisten vorzukommen.
setzte den Punct[2], gegen welchen die Sonne zu
λ des *Hercules* in 258° Rectasc. und 27° nördl. Decl.
ost findet in seiner spätern Untersuchung diesen Punct

---

n. de Berlin 1781. p. 445. und astron. Jahrb. 1805. S. 113.
on. Jahrb. 1787. S. 224. 1811. S. 224. und 1ster Suppl. Bd.
. Transact. 1783. 147.

ganz wohl mit den Beobachtungen übereinstimmend. hat Herschel das Knie des *Hercules* (in 246° Rectas 49½ Decl.) als noch genauer den Beobachtungen entspr angegeben, und bemerkenswerth ist es wenigstens, d viele Durchschnittspuncte der eigenen Bewegung gröſserer in und um den *Hercules* fallen [1]. Aber spätere Vergleich haben dennoch die Meinung, daſs die Bewegung unser nensystems sich so deutlich in den eigenen Bewegung Fixsterne zeige, als sehr unsicher dargestellt, indem, Bessel bemerkt [2], ganz entfernte, ja diametral einander gengesetzte Puncte an der Himmelskugel angegeben können, die man hiernach als die Puncte, auf welche zu Sonne geht, ansehen dürfte.

Wenn man Bessel's Angaben der eigenen Bewegung was näher betrachtet, so scheint es, daſs aus diesen sich nicht die eigene Bewegung der Sonne verräth, aber doch che merkwürdige Uebereinstimmungen bei Sternen, die in lei Himmelsgegend stehen, vorkommen. So z. B. haben Sterne in der Cassiopeja, β, η, μ, zwar eine ungleiche rückung, aber eine nahe gleiche Richtung, indem der des Kreises, auf welchem jeder von ihnen fortrückt, sel bei 160° Rectasc. und 30° Decl. liegt [3]; etwas Aehnliches wenn gleich weniger gut, bei ε und 61 des *Schwans* und α des *Adlers* statt, wo der Pol bei 190° Rectasc. und 40 Declin. liegt. — Aber freilich darf man auf diese, viel zufälligen Umstände keinen groſsen Werth legen.

Zu bemerken ist endlich noch, daſs auch bei den St deren eigene Bewegung so erheblich ist, keine jährliche axe beobachtet wird, und sie also sehr weit von der Er fernt seyn müssen [4].

Doppelsterne.

Man findet sehr viele Sterne, die so nahe neben s nen oder auch mehrere haben, daſs man sie für zus

1 Astron. Jahrb. 4ter Suppl.-Band. S. 70. 71.

2 Fundamenta astron. p. 309.

3 Das Gemeinschaftliche, was hierin zu liegen scheint, durch v. Lindenau's Bemerkung (Astron. Jahrb. 1818. S. 248 die Sterne um μ Cossiop. eine ähnliche Bewegung zu haben s noch an Merkwürdigkeit.

4 Astron. Jahrb. 1818. S. 248.

Sterne anzusehen Veranlassung findet. Diese Doppel- ler vielfachen Sterne könnten, freilich wohl auch nur ·, einander nahe seyn, und wirklich, zwar fast in der- ichtung, aber doch sehr weit von einander entfernt, llein wenn man nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung , wie viele Sterne selbst 10ter, 12ter Gröfse auf einen rad am Himmel im Durchschnitte kommen, so findet fs das Zusammentreffen mehrerer oder auch nur zweier Entfernung von wenig Secunden nur sehr selten zufäl- ommen könnte. Dieser Grund[1] gäbe schon Veranlas- e Doppelsterne als wirklich in Verbindung stehend an- aber diese Verbindung zeigt sich bei manchen noch :heidender durch eine gemeinschaftliche eigene Bewe- l durch Bewegung um einander. Schon CHRIST. MAYER nf diese Fixsternsysteme aufmerksam[2], und obgleich inung, dafs wir dort Planeten, die um einen Fixstern ähen, wohl keinen Beifall verdient, so hat er doch net, was spätere Zeiten bestätigt haben.

er den Sternen, welche als Doppelsterne eine starke ei- wegung haben, oder wo beide zusammen fortgerückt t No. 61. im *Schwane* am merkwürdigsten. BESSEL[3] zzı haben zuerst hierauf aufmerksam gemacht, der er- :r hat die relative Bewegung beider gegen einander er untersucht. Seit BRADLEY's Zeit kennt man diesen Doppelstern, und seit dieser Zeit sind beide Sterne, en Abstand erheblich zu ändern, um 7 Minuten gegen :hbarten Sterne fortgerückt. Diese zwei Sterne rücken Weltraume zusammen fort, und da ihr scheinbarer Weg 5 Secunden, ihre Parallaxe aber allem Anschein nach Secunde beträgt[4], so mufs der wahre durchlaufene enigstens 200 Millionen Meilen betragen. Dabei haben Sterne eine gegenseitige Bewegung, so dafs der Stel-

---

erschel's Schriften I. S. 180.

ayer's Vertheidigung neuer Beobachtungen von Fixsterntra- Mannh. 1778. und Comment. Acad. Theodoro-Palat. Vol. IV. 0. auch Astron. Jahrb. 1784. S. 183. und 1785. S. 132.

stron. Jahrb. 1815. S. 209.

ach Bessel's zahlreichen Beobachtungen ist sie ganz unmerk- tron. Zeitschr. von v. Lindenau. II. 134.

lungswinkel sich etwa um 60 Grade geändert und der Al
von 20″ bis ungefähr auf 15″ abgenommen hat. Die
scheinen also seit BRADLEY's Zeit bis zu BESSEL's Beobac
gen ein Sechstel ihrer Bahn durchlaufen zu haben, so da
ganze Umlaufszeit 350 bis 400 Jahre seyn würde[1]. Ein I
der in 354 Jahren um unsere Sonne lief, müfste 50 mal s
als die Erde von der Sonne entfernt seyn, und folglich,
die Summe der Massen jener beiden Sterne der Sonne
gleich wäre, so würde die Parallaxe der Erdbahn nur
scheinbaren Abstandes, etwa ¼ Secunde betragen. Die V
thung, dafs diese Sterne eben so viel Masse als die Son
ben, ist also durch die Beobachtung, dafs die Parallaxe un
lich ist, so ziemlich bestätigt, und ihre Masse kann noch
seyn, wenn die Sterne noch weiter von uns entfernt sind

Ueber ähnliche Bewegungen der Doppelsterne um e
hat zuerst HERSCHEL eine Reihe von Beobachtungen
gemacht, zu denen nachher STRUVE und SOUTH die wi
sten Zusätze und Bestätigungen geliefert haben[2]. Aus
Beobachtungen hebe ich einige aus. Der Stern *Castor*
Doppelstern, der Abstand beider von einander 5 Secun
Umlaufszeit, nach SOUTH's und des jüngern HERSCHEL's
achtungen 460 Jahre. Sollten diese beiden Sterne zus
eine Masse so grofs als unsere Sonne haben, so müfst
60 mal so weit von einander als die Erde von der Sonne
fernt seyn, und ihre Parallaxe kaum $\frac{1}{12}$ Secunde betragen.
Bootes gewährt, wegen der eigenthümlichen Lichtfarbe
Sterne, das Ansehen, als ob es ein Planet mit seinem Tra
wäre. ζ des *Hercules* ward 1782 als ein Doppelstern be
tet, wo der gröfsere ein bläulich weifses, der kleinere ein
farbiges Licht hatte; der schon damals geringe Abstand
1795 so abgenommen, dafs er schwerer zu erkennen war;
waren beide Sterne gar nicht mehr als getrennt zu erkenn
scheinen sich also bedeckt zu haben. HERSCHEL mach
diesen Beobachtungen die richtige Bemerkung, dafs man

1 Die Winkelbewegung scheint, nach SOUTH und HERSCHE
langsamer zu seyn und nur ⅗ Gr. jährlich zu betragen. Ph
1826. 382.

2 Astron. Jahrb. 1808. S. 154. 226. Ph. Tr. 1803. 1804. 1
1826. 321.

die Bewegung der Sonne Rücksicht nehmen müsse, er über die gegenseitige wahre Bewegung der Dop- nicht ganz sicher urtheilen könne, bis man durch inschaftliche Fortrücken beider Sterne die Richtung, cher sie vermöge eigener Bewegung und Parallaxe fort- ennen gelernt habe. Er bemerkt ferner, dafs in der fse viele Fälle vorzukommen scheinen, wo die Nähe erne nur scheinbar ist, wo nämlich, bei der unzähl- nge hinter einander stehender Sterne, uns ungleich ernte Sterne als Doppelsterne erscheinen. Unter die- 1 daher viele, die keine Aenderung der Stellung zei- t dafs bei isolirten Sternen, welche Doppelsterne sind, len meisten Fällen Aenderung der Stellung wahrneh-

uve zeichnet unter den vielen von ihm genau beob- Doppelsternen[1], besonders ξ im *grofsen Bäre* und n *Ophiuchus*, deren starke gegenseitige Bewegung rschel schon bemerkt hatte, als vorzüglich bemer- h uns. Der Doppelstern ξ im grofsen Bäre besteht aus erne vierter bis fünfter und aus einem Sterne sechster ihre Entfernung ist 2½ bis 2¼ Secunden. Von 1781 bis der Stellungswinkel sich um 240 Grade geändert, und len letzten Jahren dieses Zeitraumes am stärksten, (nach etzt jährlich 7 Grade)[2]; die Umlaufszeit läfst sich also weniger als 60 Jahre angeben. Wenn man nach Her- allgemeiner Bestimmung die Sterne vierter bis sechster wa 8 mal so entfernt als die nächsten Sterne setzt, so diese Sterne nur höchstens $\frac{1}{16}$ Secunde Parallaxe haben, Abstand von einander wäre 40 mal so grofs, als die ng der Erde von der Sonne; ein Planet unserer Sonne n diesem Abstande 250 Jahre zu seinem Umlaufe nöthig und man kann also in jenem schnellen Umlaufe Grund nden, um die Masse jener Sterne für viel gröfser als die nserer Sonne anzunehmen.

r Doppelstern p. 70. des *Ophiuchus* besteht aus einem gelblichen Sterne vierter und einem rothen Sterne sieben- se, der Abstand beider ist 5¼ Sec. und seit Herschel's

---

[1] Observat. astronomicae. Vol. II. p. 177. 179. Vol. IV. p. 187. 188.
[2] Ph. Tr. 1826. 332.

erster Beobachtung hat sich in 42 Jahren der Stellungswi
beinahe um 300 Grade geändert, so daſs ein ganzer Umlauf
beendigt seyn wird. Die Beobachtungen von South und
jüngern Herschel bestätigen dieses[1], und fügen die wi
Belehrung hinzu, daſs die Winkelbewegung, welche ein
lang bedeutend schneller geworden war, jetzt stark im Ab
men ist; die letzteren Beobachter glauben auch die Beh
beifügen zu können, daſs der Abstand beider Sterne von
der jetzt im Zunehmen ist, so wie es die abnehmende Wi
geschwindigkeit nach den Attractionsgesetzen fordert.
wir diesen beiden Sternen zusammen eben die Masse be
wie unserer Sonne, so müſste der wahre Abstand beide
einander 13 bis 14 mal so groſs, als der Abstand der E
der Sonne seyn, und die Parallaxe dieser Sterne könnte
$\frac{1}{4}$ Sec. betragen, wollten wir sie aber nach ihrer sch
Gröſse in viel gröſsere Entfernung hinaus gerückt an
so müſste ihre Masse sehr viel gröſser, als die Masse u
Sonne seyn.

Die neuesten Beobachtungen von South und dem jü
Herschel fügen zu diesen wichtigen Belehrungen noch m
Neue, indem sie theils eine groſse Anzahl von Doppel
kennen lehren, welche seit 40 Jahren ihre Stellung ga
verändert haben, theils aber auch das eben Angeführte b
gen[2]. Einzeln kommen hier auch solche Fälle vor[3], wo
eine Stern sich von dem andern, vermöge eigener Bew
des einen, ganz entfernt, und wo also der eine vermuthlich
näher als der andere seyn muſs, so daſs diese Doppelstern
leicht durch ihre in verschiedenen Jahreszeiten ungleiche
stände von einander uns eine Parallaxe des näheren Stern
gen könnten.

Durch South's und Herschel's Beobachtungen lern
ζ des Krebses als ein System von drei Sternen kennen, di
gegenseitige Lage ändern[4], und so bieten diese Beobacht

1 Ph. Tr. 1826. 371.

2 Ph. Tr. 1824. III. 20. 1826. 1.

3 z. B. Ph. Tr. 1826. 279.

4 Ph. Tr. 1826. 326. Ueber mancherlei mögliche Bewe
in solchen zusammengesetztern Systemen hat Herschel Unters
gen, die jedoch lange nicht erschöpfend sind, angestellt. Her
Schriften I. S. 183.

Beachtenswerthes dar, was ich indefs, da bei Einzel-
zu verweilen hier nicht möglich ist, übergehe[1].
iejenigen Sterne, die als vielfache Sterne nahe bei ein-
heinen, wirklich in Verbindung stehen, darüber fehlen
genaue Bestimmungen. Man kann die Frage noch
dehnen und fragen, ob die so nahe zusammenstehen-
ichen Sterne der Krippe im Krebse, des Degengriffs
ıd des Perseus, selbst die Sterne im Haar der Berenice
inem System verbundene, einander nahe Sterne seyn
Wenn sie dieses sind, so müfste sich aber ohne Zwei-
ine gemeinschaftliche scheinbare Bewegung, vermöge
nicht zu bezweifelnden eigenen Bewegung unseres
tems, theils eine relative Bewegung gegenseitiger
vahrnehmen lassen; so lange die Beobachtungen uns
zeigen, haben wir keinen Grund, sie als näher ver-
zusehen, und können daher solche Bestimmungen, wie
ERSCHEL angegebenen, über den Sternhaufen im Per-
hr wahrscheinlich annehmen. Was diejenigen Stern-
trifft, die selbst in Fernröhren nur durch ihren ver-
lanz sichtbar werden, so verspare ich die dahin ge-
gaben für den Artikel *Nebelflecke.*

Veränderliche Sterne.

ı wir unsere jetzige Bestimmung des scheinbaren Glan-
iedener Sterne mit den Bestimmungen älterer Astro-
gleichen, so finden sich manche merkwürdige Ver-
iten. OLBERS bemerkt z. B. dafs α im Drachen, δ im
ren (den BAYER noch dem Sterne β gleich angab) und
rs eine Abnahme des Lichtes erlitten zu haben schei-
dafs σ des Schützen und ε des Pegasus vielleicht hel-
len sind[2]. Andere Sterne scheinen eine andere Farbe
en zu haben, denn Sirius, den SENECA[3] roth, wie

---

schel's Verzeichnisse von Doppelsternen. Phil. Tr. 1782.
›achtungen von BESSEL in Schumacher astron. Nachr. IV.
vE's neue Doppelsterne, in Schumacher astron. Nachrichten

ron. Zeitschrift von v. Lindenau etc. II. 182.
aest. natur. I, 1. acrior cuniculae rubor Martis remissio
1760. 498.

Mars, nannte, ist jetzt gewifs von allem vorherrschende
vollkommen frei. HERSCHEL hat, um künftigen Zeiten
gleichung des Glanzes, welchen uns einzelne Sterne in
Zeit darbieten, getreu aufzubehalten, für eine grofse
von Sternen die genauen Angaben, welchen andern Ste
gleich sind, welchen sie an Glanze ein wenig nachsteh
welchen sie an Glanz einen kleinen Vorzug haben, mit
und man wird künftig selbst geringe Unterschiede des
menden oder abnehmenden Glanzes wahrnehmen könne

Aber noch merkwürdiger sind die bei manchen
beobachteten periodischen Veränderungen, die darin b
dafs ein Stern zuweilen einen hellern Glanz zeigt, dann
cher glänzend erscheint, wieder zu der vorigen Li
zurückkehrt und so beständig abwechselnd gesehen wird
Lichtwechsel kehren bei einigen Sternen sehr regelmäfs
gleichen Zeiten wieder, bei andern ist die Periode unglei
andere, die ehemals einen Lichtwechsel gezeigt hab
scheinen jetzt in unveränderlichem Lichte. Unter den
eine sehr regelmäfsige Periode haben, ist *Algol* im M
haupte einer der merkwürdigsten. Er ist ein Stern
ter Gröfse und zeigt sich die meiste Zeit als ein solche
allemal nach 2 Tagen 20 Stunden wird er auf kurze Z
dunkler. Nach WURM[2] dauert die Zeit seines kleinsten
wo er Sternen vierter Gröfse gleicht, nur 18 Minuten,
nige Stunden vorher und einige Stunden nachher beme
das Abnehmen und Zunehmen seines Lichtes, so dafs
8½ Stunden lang dunkler als sonst erscheint. WURM g
mit vieler Genauigkeit zutreffende Periode seines Licht
zu 2 Tagen 20 Stunden 48′ 58″,7 an, und hat darnach
berechnet, mit deren Hülfe man leicht die Zeit der l
Lichtphase für jeden gegebenen Monat findet. Um zu zei
nahe diese vor 30 Jahren berechneten Tafeln noch im
der Erscheinung übereinstimmen, habe ich einige neuer
achtungen nach denselben berechnet. LUTHMER[3] beo
1820 am 14ten Aug. 9 52′ mittl. Zeit und am 6ten Sept

1 Ph. Tr. 1796. 166. 1797. 293. 1798. 121. und Astron.
1809. 201. Aehnliche ältere Beobachtungen Astron. Jahrb. 1

2 Astron. Jahrb. 1801. 157.

3 Ebend. 1824. 243.

Zeit das kleinste Licht; diese Zeitpuncte sind in Pariser
2′ und 7ʰ 54′. Nach WURM's Tafeln trifft das klein-
nach Anfang d. J. 1800 1ᵀ 18ʰ 3′ 46″, 8. Par. mittl. Z.
haben aufser ganzen
als ins folgende Jahr
i Ueberrest 0 23 56 47,6
Jul. lassen nach ganzen
einen in den August
i Ueberrest 0 4 24 23,8,
estes Licht nach An-
August } 2ᵀ 22ʰ 24′ 58″,2
en sind = 11 11 15 54,8
14 9 40 53,0

e das kleinste Licht nach diesen Tafeln am 14. August
bends seyn; aber WURM selbst hat[1] die Epoche um
n früher gesetzt, indem seine frühern Tafeln mehr das
s die Mitte des kleinsten Lichtes angaben, also giebt
nung 9ʰ 36′, statt dafs die Beobachtung 9ʰ 32′ giebt,
hier, da eine einzelne Beobachtung nicht auf eine Mi-
nau ist, vollkommen genügt. Die zweite Beobachtung
age 22 St 32′ nach der ersten angestellt und 22 Tage
1′ 49″,6 sind gleich 8 Perioden. Rechnet man eben
en Juli 1825, so findet man

5 Jul. 18ʰ 14′ 23″,1 als Zeit des kleinsten Lichts
8 Tage 14 26 56,1 als 3 Perioden gleich,
m 14 Jul. 8 41 19,2 Pariser Zeit

des kleinsten Lichtes. Diese Zeit ist 9 Uhr 40′ Bres-
it, und wirklich beobachtete ich, als ich gegen 11 Uhr
meine Aufmerksamkeit auf *Algol* richtete, dafs er seinem
n Lichte nahe war, aber wie sich bald zeigte, schon
r kleinsten Lichtphase.

eser so auffallende Lichtwechsel ist doch erst von PIGOTT
ODRICK 1782 bemerkt worden. Andere veränderliche
sind früher entdeckt worden, z. B. von FABRICIUS 1596
änderliche am Halse des Wallfisches, 1600 ein verän-
er Stern im Schwan, der oft ganz verschwindet[2]. 1670
ein zweiter veränderlicher Stern im Schwan entdeckt,

Astron. Jahrb. 1810. 140.
Montucla hist. II. 284. 285.

χ im Schwan, der nur selten die vierte Grösse erreicht. [
ERS[1] hat diesen letzten Stern öfter beobachtet und bem
dafs nachdem er ihn 1815 mehrere Wochen vergeblich ge
sucht hatte, er am 29. Aug. sichtbar ward, am 7. Oct. sein g
tes Licht hatte und gegen Ende December's wieder eben so
scheinbar, als bei Anfang seines Sichtbarwerdens, war. S
Periode, die ungefähr 405 Tage ist, hat sich verlängert, so
sie jetzt über 407 Tage ausmacht, statt dafs sie am End
siebenzehnten Jahrhunderts noch nicht 405 Tage betrug. U
haupt ist die Periode nicht ganz gleich, sondern zuwei
scheint der Stern etwas eher oder später, zuweilen erre
im gröfsten Glanze nur die siebente, selten dagegen auch
die vierte Gröfse; 7 Monate ist er ganz unsichtbar, 6 M
sichtbar. OLBERS bemerkt es als etwas Auffallendes, daf
ser Stern und dafs mehrere veränderliche Sterne ein sehr r
Licht haben.

Noch in die Augen fallender als bei diesem Sterne i
Lichtwechsel des schon erwähnten Sterns im Wallfische,
man den Wunderbaren, *Mira ceti*, genannt hat. Dieser
erreicht bei seiner gröfsten Lichtstärke gewöhnlich den Gl
Sterne dritter Gröfse, zuweilen nur der vierten, aber st
auch der zweiten und selbst der ersten Gröfse, WARG
hat ihn einmal dem *Aldebaran* gleich gesehen. Der
bleibt 3 bis 4 Monate dem blofsen Auge sichtbar, und sei
nehmen dauert kürzere Zeit, als sein Abnehmen; durch
röhre sieht man ihn viel länger, obgleich er auch da zuv
verschwindet. WURM setzt nach sehr zahlreichen Beobac
gen die Periode zu 332 Tagen und etwa ¾ Stunden an, u
stimmt die Zeit des gröfsten Lichtes, oder der Mitte des gr
Lichts auf 15. Oct. 1820, wornach diese im Februar 182
im Januar 1829 wieder eintreten wird. Die Periode ist
genau immer gleich, sondern zuweilen einige Tage länge
kürzer[2]. Die übrigen als veränderlich bekannten Sterne[3]
sich im Wesentlichen diesen ähnlich.

Ueber die Ursache dieser Lichtwechsel hat man n
Hypothesen aufgestellt. Die bei mehreren Sternen so bes

1 Astron. Zeitschr. von v. Lindenau etc. II. 181.
2 Ebend. I. 229.
3 Ebend. IV. 185. 316. VI. 282. Astron. Jahrb. 1814. 14

gkeit der Periode läſst wohl kaum zweifeln, daſs
rehung die Ursache dieser gänzlichen oder theilwei-
kelung ist. Selbst unsere Sonne hat ja Flecken, die
klein sind, um einen erheblichen Lichtwechsel zu be-
id zu veränderlich, um in stets gleichen Perioden
cheinungen darzubieten; aber es kann ja Sonnen ge-
ı verschiedene Seiten auf immer gleiche Weise ein
ches Licht darbieten. Ein dadurch nicht zu erklä-
stand ist, daſs der Fortgang der Lichtabnahme und
me nicht dem gemäſs ist, was wir von einer, nach
gegen uns gewandten dunkeln Seite erwarten sollten,
ı Beispiel bei *Algol* die Lichtabnahme ganz nahe vor
ten Lichte so sehr merklich, kurz nachher die Zu-
bedeutend ist, aber während des bei weitem gröſsern
Periode der Glanz ziemlich gleich bleibt. Dieses
besser erklären, wenn wir einen sehr groſsen dunklen
nähmen, der bei seinen Umläufen um den hellen Stern
den Umläufen des hellen Sternes um ihn) eine förm-
ienfinsterniſs hervorbrächte; aber diese Erklärung würde
t auf die Sterne passen, die so sehr lange ganz ver-
nd, indem doch nicht gut anzunehmen ist, daſs diese
ıg den gröſsern Theil der Periode ausfüllte. Die Un-
en in der Periode und in den äuſsersten Graden der
e würden sich nach der ersten Hypothese aus Aen-
auf der Oberfläche des Sterns, nach der zweiten Hy-
us Ungleichheiten in dem Laufe des verdunkelnden
rklären lassen.

Neue Sterne.

diesem Lichtwechsel der Sterne ist vielleicht das Er-
neuer Sterne verwandt. Hätte ein veränderlicher Stern
r lange Periode und wäre die Zeit seines Glanzes nur
kurze Zeit beschränkt, so würde er dem Zeitalter, wo
inmal zeigte, als ein neuer Stern erscheinen, und die
n Beobachter würden ihn viele Jahre lang vergeblich
n. Indeſs haben die Sterne, welche man als neue Sterne
tet hat, so viel Auffallendes gezeigt, daſs man sie wohl
ınz mit den bekannten veränderlichen Sternen in eine
stellen darf. Der glänzendste von allen war der von
beobachtete. Aller Wahrscheinlichkeit nach muſs er

sehr schnell zu dem hellen Glanze, den er zeigte, gelangt; denn Möstlin hatte im October und noch am 2. Nov. 157[illegible] Cassiopeja beobachtet, ohne etwas Merkwürdiges wahrzu[nehmen], und schon am 7. Nov. erschien der neue Stern dem [Jupi]ter an Glanze gleich oder gröſser; am 11. Nov. sah Tych[o ihn] der Venus gleich, und so blieb er einige Wochen. Aber [nach] sehr kurzer Dauer nahm seine Helligkeit ab, im December [glich] er noch dem Jupiter, im Januar 1573 übertraf er noch die S[terne] erster Gröſse, im Februar und März glich er Sternen erster [Größe,] und nahm nun so ab, daſs er im September Sternen [...] Gröſse gleich war und im März 1574 verschwand. A[nfangs] war er glänzend weiſs, dann roth wie Aldebaran oder [...] nachher wieder matter weiſs [1].

Einen nicht ganz so glänzenden neuen Stern beob[achtete] Kepler 1604 am Fuſs des Schlangenträgers, der auch [wieder] unsichtbar ward [2]. Auch in ältern Zeiten hat man solche S[terne] beobachtet [3], die nachher unsichtbar geworden sind. Wie [man] diese ungemeine Veränderung ihres Glanzes erklären soll, [läßt] sich gar nicht angeben; von Zach bemerkt, sie gäben uns [we]nigstens die wichtige Belehrung, daſs es im Weltraume K[örper] gebe, die uns gar nicht oder Jahrhunderte lang nicht [sicht]bar sind. —

Namen der Sterne.

Das hierher gehörige wird unter dem Art. *Sternbilder* [vor]kommen. Ueber die Bedeutung der arabischen Namen der S[terne] haben Ideler, Lach und Buttmann (auch Montucla an [eini]gen Stellen seiner Geschichte der Mathematik) Untersuch[ungen] angestellt [4]. B.

Fixsternverzeichnisse.

Catalogi fixarum; Catalogues des étoiles fixes; [Ca]*talogues of the stars*; sind Verzeichnisse, worin die

---

1 Tychonis Brahe Progymnasmata Astron. Lib. I. de Zac[h corr.] astr. V. 182.

2 Kepler de stella nova in pede serpentarii.

3 de Zach corr. astr. IV. 585. Astr. Jahrb. 1819. 202.

4 Ideler Untersuchungen über den Ursprung und die Bedeut[ung der] Sternnamen. Berlin 1809. 8. Lach Anleitung zur Kenntniſs der ara[bischen] Sternnamen. Leipzig 1796. Astr. Jahrb. 1822. 91. Astr. Zeitschr.

n Sterne nach ihrer Stellung am Himmel, nach ihrer Rectasion und Declination, angemerkt sind. Sie sind entweder den Sternbildern geordnet, wo dann diejenigen, die zudurch den Meridian gehen, voran stehen, oder sie sind allgemein nach der Rectascension geordnet, so dafs man lle Declinationen die Sterne, welche kurz nach einander den Meridian gehen, zusammenfindet. Alle Sternvernisse hier anzuführen, scheint mir nicht dem Zwecke die- Vörterbuchs gemäfs; ich theile daher nur Einiges zur Gete dieser Verzeichnisse, und dann die Titel der für uns kenswerthesten mit.

Hipparchus hat zuerst 150 Jahr vor Christo, nachdem Tiares und Aristyllus schon Beobachtungen dazu gesamten, ein Verzeichnifs beobachteter Sterne verfertigt, und maeus hat darnach und nach eignen Beobachtungen das erzeichnifs verfertigt, welches wir noch jetzt besitzen [1]. rgnius reducirte dieses Verzeichnifs auf seine Zeit (880 Christo), und Ulugh-Beigh verfertigte eines aus eignen chtungen [2]. Tycho de Brahe führte die bessere Medie Sterne nach Rectascension und Declination aufzuführn, statt dafs man sie früher nach Länge und Breite angab [3]. uch der Landgraf Wilhelm verfertigte mit Rothmann Byrge ein solches Verzeichnifs aus eigenen Beobachtun- Halley und La Caille haben uns zuerst genauere Vernisse der Gestirne um den Südpol gegeben [5]. Hevel gab üheren Verzeichnisse mit eigenen Beobachtungen vermehrt [6], Flamstead lieferte nach 33jährigen Beobachtungen viel vollkommnern Katalog als seine Vorgänger, der 3000

Μεγάλη Σύνταξις. VII. 2.

Tabulae long. et lat. stellarum fixarum ex observ. Ulughbeighi. 1665.

Catalogus fixarum ad annum 1600, in den Astronomiae instau- Progymnasm. Frf. 1602. Kepler nahm dieses Verzeichnifs, mit an- Beobachtungen Tycho's und einige Beobachtungen der Sterne um den ol vermehrt, in die Rudolphinischen Tafeln auf.

Observ. Hassiacae. Lugd. Bat. 1618.

5 Halleji catalogus stellarum australium. Lond. 1679. und von La le astronomiae fundamenta novissima solis et stellarum observatio- is stabilita. Paris. 1757.

6 Prodromus Astronomiae. Gedani. 1690. und Firmamentum Socianum. Ged. 1690.

hat [1]. Auch Pond und Brinkley haben sich mit diesen Bec
tungen ernstlich beschäftigt [2]. Von den Sterncharten wi
eigner Artikel Nachricht geben. B

Flächenkraft.

Flächenanziehung und Flächenabstofs
Attraction et Repulsion de surface.

Der Ausdruck: *Flächenkraft*, noch mehr *Flächen*
hung, seltener *Flächenabstofsung* kommt sehr oft bei de
Schriftstellern vor, und die Ausländer reden häufig von d
che, wenn sie dieselbe auch nicht durch ein bestimmte
bezeichnen. Ohne nähere Andeutung ist dann die Fläc
ziehung so viel als *Anziehung in unmittelbarer Berühru*
in unmefsbare Ferne, und äufsert sich in den Erscheinun
Adhäsion und *Cohäsion* [3]. Man könnte hierdurch zu de
muthung verleitet werden, als ob der Ausdruck von der Flä
ausdehnung entlehnt sey, in welcher die Berührung beid
einander anziehender Körper stattfindet, allein dieses wür
der Schärfe der eigentlichen Begriffsbestimmung entfern
nau genommen beruht die Sache vielmehr auf Folgende
hauptsächlich aus der Darstellung von Fries [4] am deut
und vollständigsten zu ersehen ist.

Die bekannte Newton'sche Anziehung ist den Mass
einander anziehenden Körper direct proportional, wird
durch die Quantität der wirksamen Masse bedingt, und ka
im Mittelpuncte der Körper vereinigt angesehen werden.
Erfahrung ergiebt, dafs diese Kraft in jede mefsbare Ferne
und den Quadraten des Abstandes proportional abnimmt.
men daher zwei Körper (es mögen dieses Kugeln seyn) ei
nahe, so wird ihre Anziehung wachsen, und in der Ber
ihr Maximum erreicht haben; allein die wirksame Kraft ge
ihnen stets vom Mittelpuncte aus oder kann mindestens al
vereinigt gedacht werden, und man könnte sie daher auch

1 Beobachtungen 5te Abth. S. V. und XI. und 7te Abth. S. I
und astr. Jahrb. 1828. 196.

2 Astr. Nachrichten I. 101, Astr. Jahrbuch 1828. S. 198.

3 S. unter andern Parrot Grundrifs der theor. Phys. I. 44. I
tiens sur la Physique I. 93 ff.

4 Mathemat. Naturphilosophie S. 450 ff.

, Littrow [2] sich um diese Bestimmungen verdient

· denen, welche aus fremden Beobachtungen mit un- Fleiſs zusammengetragen haben, verdient vor allen ihm zu werden, der nicht allein dieses gethan, son- ich die fremden Beobachtungen geprüft und mit zahl- gnen Beobachtungen die schon vorhandenen Verzeich- chert und berichtigt hat [4].

dürfen hoffen, daſs die Reichhaltigkeit der Sternkata- ırzem noch sehr gewinnen wird, da die Berliner Aka- Mitwirkung aller Astronomen zu einer Revision des mmels aufgefordert hat, um besonders die Ungleich- zu heben, die bisher noch in unsern Verzeichnissen ı war, da einzelne Gegenden genauer durchforscht wa- rend in andern selbst minder kleine Sterne in den Ver- n fehlten [5].

besondre Erwähnung verdienen hier noch die Bemü- ür die genaue Bestimmung einiger Fundamentalsterne, ren völlig sichere Kenntniſs man Anknüpfepuncte für m Beobachtungen erhält. Maskelyne hat ein Ver- von 36 solchen genau bestimmten Fundamentalsternen lt [6], auf deren sorgfältige Beobachtung und immer Berichtigung Bessel vorzüglich groſsen Fleiſs gewandt

---

·uve observationes astronomicae Dorpati institutae. 4 Vol. 1823.)

ınalen der Wiener Sternwarte. 3 Abtheilungen.

ıch die Observations astronomiques publiées par le bureau de , gehören hierher, und mehrere andere, die minder wichtig Zweck sind.

lgemeine Beschreibung und Nachweisung der Gestirne, nebst iſs der geraden Aufsteigung und Abweichung von 17240 Ster- pelsternen, Nebelflecken und Sternhaufen, von Bode. Berlin . Vorstellung der Gestirne auf 34 Kupfertafeln, nebst einem ıisse von 5877 Sternen, Nebelflecken und Sternhaufen, von e Aufl. Berlin 1805. Nachträge und Berichtigungen dazu an Stellen in den astronomischen Jahrbüchern.

uch die Astron. Societät in London macht sich um diesen Ge- durch Herausgabe eines neuen Katalogs verdient.

Ìaut. Alm. 1820. Astr. Jahrb. 1821. 208. Bemerkungen von Pond möglichst strenge Berichtigung der Sternkataloge Phil. Transact. 5.

noch keineswegs dargethan. So hat L. Euler[1] das Mariot
Gesetz aus dem von ihm angenommenen Aether und
Wirbeln in den hypothetischen hohlen Luftkügelchen
trisch vortrefflich demonstrirt, aber niemand wird deswe
neigt seyn, solche Wirbel und Kügelchen wirklich a
men. Die Vertheidiger der Existenz von Flächenkrä
haupten indeſs, es seyen dieselben durch die Erfahrung g
indem die Erscheinungen der Cohäsion, Adhäsion und
rität nur aus ihnen erklärt werden könnten, insofern b
die Massen gar nicht, sondern nur die Flächen sich a
ergäben, und La Place sagt selbst, die Kraft, welche
scheinungen der Capillarität erzeuge, liege in der u
dünnen Oberfläche der Körper. Dieser Beweis würde v
tigkeit haben, wenn eine geometrische Fläche noch ein
stand physischer Messung wäre; allein da die Theilchen
terie erweislich viel kleiner sind, als unsere Messung re
bleibt es immer fraglich, ob die eigentliche geometrisch
fläche der Körper, und nicht vielmehr eine physische
oder ein in einer unmeſsbar dünnen Ebene liegendes Aggr
Körperelementen jene Erscheinungen hervorrufe. Wei
aber weiter argumentirt wird, daſs die Phänomene selb
anderes seyen, als das Resultat einer Anziehung in un
Fernen, statt daſs die Anziehung der Massen dem Quad
Entfernung umgekehrt proportional sey, und daſs jene d
dem besonderen Namen der Anziehung in der Berühru
ihr zum Grunde liegende Kraft aber Flächenkraft zu b
sey, so läuft die Entscheidung hierüber auf die schon
holt erörterte Frage hinaus, ob alle Anziehungsphänom
eine einzige wirkende Kraft zurückgeführt werden könn
nicht[2]. Wenn gleich hierüber noch nicht mit völliger
heit entschieden ist, so läſst sich doch so viel als aus
annehmen, daſs die Erscheinungen der Anziehung in d
von denen der Anziehung in der Berührung erweislich v
den sind, und daſs man auf allen Fall annehmen müs
einzige Kraft werde durch die individuelle Beschaffenhe
den einzelnen Körpern verschiedenen Elementartheilche
ders *modificirt*, damit sie beide Wirkungen hervorbrin

---

1 Com. Pet. II. 347.

2 Vergl. *Anziehung*.

lafs hiernach also der Annahme einer auf eigenthümliche ch äufsernden *Flächenanziehung* und einer hiernach zu ıden *Flächenkraft* kein bedeutendes Argument entgen kann.

Beziehung auf die zweite Frage, nämlich ob es aufser ehung in der Berührung auch noch eine ihr entgegen- *Abstofsung* in geringe Fernen giebt, mithin zwei Flä- e anzunehmen sind, ist zuerst zu bemerken, dafs ver- Schriftsteller nur von *einer* Flächenkraft als Ursache sions- und Adhäsions-Phänomene reden, andere, da- . B. Kastner [1], Fries [2] halten die Annahme von *zwei* entgegengesetzten Flächenkräften für richtiger. Der worauf diese Behauptung gestützt wird, ist theils specu- sofern einer anziehenden Flächenkraft auch eine absto- Gemäfsheit eines nothwendigen Gegensatzes entgegen- nüsse; theils aus der Erfahrung entlehnt, indem be- wird, dafs die namentlich bei gasförmigen Körpern statt- Repulsion auf gleiche Weise in der Berührung und in are Entfernung wirke, als die Attraction, welche die Er- gen der Adhäsion und Cohäsion erzeuge, folglich auch chem Rechte auf eine Flächenkraft zurückzuführen sey, aus einer solchen hergeleitet werde. Was das erste Ar- betrifft, so ist dieses ganz unhaltbar, denn die Anzie- die Ferne ist wohl über allen Zweifel hinaus fest be- allein es ist deswegen noch niemanden in den Sinn n, die Nothwendigkeit einer ihr entgegenstehenden Ab- demonstriren zu wollen; das zweite Argument aber be- f der Erklärung derjenigen Phänomene, welche die gas- Körper uns darbieten, und auf der Bestimmung der ı, welche den verschiedenen Aggregatzustand der Kör- ngen, je nachdem sie entweder fest oder tropfbar oder flüssig erscheinen, und wird daher am besten in den *Flüssigkeit* und *Gas* näher untersucht werden. *M.*

lamme; S. Verbrennen.

---

rundrifs der Experimentalphysik. 2te Aufl. Heidelb. 1820. I. 76.

ehrbuch der Naturlehre. Jena 1826. I. 7. Dessen mathemati- arphilosophie. Heid. 1822. S. 454 ff.

Flasche.

Geladene Flasche, Kleistische Fla Leidner Flasche, Ladungsflasche, stärkungsflasche; ***Phiala Leidensis, Phia ctrica, Lagena armata;*** **Bouteille de Leide, teille électrique;** ***Phial of Leide.***

Wenn man einen dünnen sogenannten idioelekt d. h. nicht leitenden, Körper in solche Umstände verset auf den beiden einander gegenüberstehenden Seitenfläc der einen Seite sich positive, auf der entgegengesetzte tive E. (welcher Ausdruck der dualistischen Vorstellun die Sprache jeder andern Theorie sich nach dem, wa dem Artikel: *Elektricität* vorgetragen worden ist, leicht üb läfst) befindet, so heifst der Körper in diesem Zustande g Man wählt hierzu gewöhnlich gläserne Flaschen, deren Wänden die eine, den äufseren die andere E. zugefüh woraus sich der Begriff der geladenen Flasche und der derselben als desjenigen Vorganges, durch welchen di häufung entgegengesetzter E. an zwei solchen einander überstehenden Flächen zu Stande kommt, von selbst Man kann aber statt der Flaschen eben sowohl Platten eine Tafel von gemeinem Fensterglase, von Holz oder Si wählen, welche alsdann geladene elektrische Platten heif man kann selbst flüssige Nichtleiter wie Oel, und sell Luftschicht auf diese Art laden. Sobald die E. beider welche durch die Zwischenlage des nicht leitenden Kör trennt waren, durch irgend ein Mittel vereinigt, oder zusammengebracht werden, dafs sie das zwischenlieger tel durchbrechen können, so gehen sie in einander n starken Explosion über, oder (um einen zu jeder Theo senden Ausdruck zu gebrauchen) gleichen sich mit einan ter einer solchen Explosion aus. Diese heifst der *el Schlag*, die *elektrische Erschütterung*, und der ihn bew Vorgang die *Entladung*, das *Losschlagen*, so wie der in seiner Totalität der *Kleist'sche* oder *Leidner Versuch rimentum Leidense*, expérience de Leide), un

---

1 S. *Quadrat, elektrisches.*

ler dabei vorkommenden Erscheinungen die *verstärkte* *ität* genannt wird.

soll in diesem Artikel zuerst von der Zubereitung und chiedenen Arten der Leidner Flaschen, dann von ihrer Entladung und den dabei vorkommenden Erscheinun- ındelt, hierauf die Geschichte des Leidner Versuchs er- ie Erklärung der Erscheinungen nach den verschiedenen en gegeben, und der Beschluſs mit der Erörterung eini- der Leidner Flasche angestellten Versuche, auf welche ı vorzüglich zur Unterstützung der Theorie einer einzi- Materie berufen hat, gemacht werden.

ıreitung und verschiedene Einrichtungen der Leidner Flasche.

r tauglichste Nichtleiter zu den Ladungsversuchen ist un- das Glas. Diejenigen Sorten Glas werden den Vorzug en, welche die besten Nichtleiter sind, also das härtere r dem weicheren, doch kommt es hierbei auf eine strenge il nicht an, da auch das weichste Glas durch seine Masse h wenigstens ein vollkommener Nichtleiter ist, und der ang der E. an seiner Oberfläche durch gewisse demnächst ıende Mittel abgeholfen werden kann. Doch sagt Ca- [1], daſs eine Sorte Glas, die demjenigen gleich kommt, lchem die Florentiner Bouteillen gemacht werden, wegen unverglaster Theile in ihrer Substanz nicht die geringste aushalten. Wilke bemerkt, daſs weiſses Glas bei gleicher und sonst gleichen Umständen sich nicht so stark laden ıls grünes [2], und Cuthbertson [3] fand, daſs verschiedene les weiſsen und noch viel mehr des grünen Glases bei r Dicke und Gröſse der Belegung ganz verschiedener n von E. bedürfen, um gleich stark geladen zu werden. cke des Glases kommt hierbei sehr in Betrachtung; ein Glas kann bei gleicher Oberfläche leichter und stärker ı werden, als ein dickes, es ist aber auch der Gefahr ıusgesetzt, durch die Gewalt, womit sich die E. beider

---

I. 138.

Schwed. Abh. XX. 245.

Gilb. An. III. S. 27.

Seiten mit einander zu verbinden streben, bei allzustarke
dung durchbrochen zu werden. Man kann daher die sehr
nen Flaschen oder Platten zwar einzeln gebrauchen, wenn
aber mehrere mit einander verbinden will [1], so mufs man
keres und wohl abgekühltes Glas dazu nehmen. Nach
NENBERGER [2] sollte man die Glasesdicke der Ladungsfl
nach der Stärke der Maschinen einrichten. Starke Masc
laden dicke Gläser auf einen hohen Grad, den die dünne
nicht aushalten. Durch schwache Maschinen kann man in
Gläser gar keine merkliche Ladung bringen. Diese Verhäl
werden sich weiter unten aus dem Vorgange der Ladung
leicht erklären lassen, und es ist ein blofses Mifsverstän
wenn daraus gefolgert worden, dafs dickeres Glas über
eine stärkere Ladung annehme, als dünneres Glas, ein Irr
in welchen BOHNENBERGER selbst gefallen war [3].

Der Glimmer hat darin vor dem Glase den Vorzug, d
auch in den dünnsten Blättchen selbst bei der stärksten La
dem Durchbruche der E. widersteht, auch gewährt er eben
gen der Dünnheit, in der man ihn anwenden kann und d
abhängigen grofsen Capacität den Vortheil, in einem sehr
nen Raume eine Batterie von grofser Wirksamkeit aufstell
können, wie denn NICHOLSON [4] eine solche Batterie vo
Glimmerblättchen ausgeführt hat, die zusammen nur eine l
von 3 Linien hatten, bei denen die Belegung des einz
Glimmerblättchens nur 2 Quadratzoll betrug und welche den
das Aequivalent von 7 Quadratfufs Belegung von Fenst
waren; indefs ist der Glimmer in unversehrten Platten nicl
leicht zu erhalten und zum gewöhnlichen Gebrauche zu ko
Für Batterieen nimmt man gewöhnlich grofse cylindrische
sogenannte Zuckergläser, die auf Glashütten bis zu einer
von zwei Fufs und selbst darüber, und von einer Weite
8 bis 12 Zoll verfertigt werden, und entweder gleichweit
oberwärts etwas verengt sind. Man kann sich indefs so
Flaschen auch einzeln von verschiedener Gröfse und Weit

---

1 S. *Batterie, elektrische.*

2 S. dessen Beiträge zur theor. u. prakt. Elektricitätslehre. Stück. Stuttg. 1793.

3 S. dessen 5te Fortsetzung von Elektrisirmaschinen und el suchen S. 241.

4 Gilb. Ann. XXIII. 272.

Für kleinere Versuche sind die gewöhnlichen Arznei-
:auchbar.

:il das Glas, so wie alle Nichtleiter, die mitgetheilte E. ichst an der berührten Stelle annimmt, und erstere von :elnen Puncten aus, an welchen sie dem Glase mitge- ird, sich nur mit Mühe über dessen Oberfläche ver- so mufs man die beiden Flächen mit einem recht guten B. Zinnfolie, Gold- oder Silberblättchen, Gold- oder)ier, Messing- oder Eisenfeilspähne u. d. g. überziehen, die Belegung derselben genannt wird. Deswegen heifst mgsflasche oft auch die *belegte* oder *armirte* Flasche. erschafft den Vortheil, dafs die mitgetheilte E., wenn nur auf eine einzelne Stelle geleitet wird, sich den- ;leich über die ganze belegte Fläche ausbreitet, und bei adung eben so auf einmal herausgeht. Bei einer sol- Fig. sche mufs auch der Boden CD von aufsen und innen 53. eyn. Die Belegung mit dünner Zinnfolie (sogenanntem) ist unstreitig die beste und läfst sich, wenn die Flasche lindrisch oder im Obertheile nur wenig verengert ist, so- ıswärts als auch einwärts vermittelst Gummiwassers oder lichen Kleisters leicht anbringen, welchen letzteren man dünn aufträgt, so dafs nirgend Klümpchen oder Luft- urückbleiben. Sogenanntes Silberpapier kann auch sehr Stelle der Zinnfolie vertreten und nach der Erfahrung ɴ Brook würde es sogar den Vorzug verdienen, da ıfunden haben will, dafs Flaschen vor dem Zerbrechen nen durch das Glas durchschlagenden Funken am besten t werden können, wenn man die Zinnfolie nicht un- r auf das Glas leime, sondern erst mit gewöhnlichem ›apiere und darauf mit der Zinnfolie die Flasche belege. ıschen oder Glastafeln durch eine weit geringere La- ;leich nachdem sie belegt und also ehe sie trocken ge- sind, zersprengt werden, als wenn sie schon lange ge- ıtanden haben, so dafs die Flüssigkeit aus dem Gummi eister, womit die Zinnfolie aufgetragen wird, hat ver- können, und dafs man eben deswegen die Flaschen eich nach ihrer Belegung anwenden dürfe, wie Brook[1] n haben will, habe ich nicht bestätigt gefunden, doch

;. I. 276.

habe ich diese Versuche vergleichungsweise nur bei Fla[illegible] von dickem Glase angestellt.

Hat die Flasche, wie namentlich die Medicingläser, [illegible] dünnen Hals, so läſst sich dieselbe auf der inneren Fläche so wie auſsen mit Stanniol belegen. In diesem Falle füllt kleine Flaschen, so weit die Belegung gehen soll, mit oder Messingspähnen, auch mit Schrot oder einer ges[illegible] Auflösung von Kochsalz an, in gröſseren aber, die dadu[illegible] was zu schwer würden, gieſst man etwas Gummiwasser, [illegible] tekt ein wenig Messingspähne hinein, und schwenkt die [illegible] bis sich die Spähne dicht an die inneren Wände angelegt, wo sie durch das Gummiwasser ankleben. Die inne[illegible] solcher enghalsigen Flaschen mit einem Kitte aus Pech und Wachs, welcher mit einer groſsen Menge von [illegible] feilicht versetzt ist, zu belegen, den man in Stücken [illegible] bringt, und durch Schmelzen, so weit man will, au[illegible] nern Fläche verbreitet, ist darum nicht rathsam, w[illegible] BROOK das Glas dann schon durch eine schwache Ladu[illegible] sprengt wird. Einer Beobachtung zufolge sollen Fla[illegible] grünem Glase, welche 2 Kannen faſsten, inwendig mit [illegible] feilspähnen belegt, und mit Wasser noch etwas über d[illegible] aus angefüllt, und von auſsen mit unächten Silberblättc[illegible] legt waren, eine besonders starke Ladung annehmen[1].

Die Belegungen beider Seiten des elektrischen E[illegible] dürfen einander am Rande nicht nahe kommen, sondern [illegible] durch einen unbelegten Raum des Glases von hinlän[illegible] Weite von einander abstehen, weil sich sonst die entge[illegible] setzten E. schon im ersten Anfange der Ladung über d[illegible] hinweg mit einander vereinigen würden, und die Ladu[illegible] zu einem merklichen Grade getrieben werden könnte. D[illegible]

Fig. 58. dehnung des unbelegten Theiles, welcher bei der Flasc[illegible] Raum zwischen EF und GH sowohl auſsen als innen ein[illegible] muſs sich überhaupt nach der Glasesdicke der Flasch[illegible] Gröſse der Batterie, zu welcher solche Flaschen genomme[illegible] den, und der Stärke der Elektrisirmaschine richten. [illegible] Maschine von der Beschaffenheit, daſs man, wenn s[illegible] Batterie von 10 bis 12 Quadratfuſs Belegung vollständig soll, nur Flaschen von der Dicke der gewöhnlichen Zuck[illegible]

1 G. XXIV. 330.

nn, so ist es genug, wenn man den unbelegten Rand
i Zoll hoch macht, denn dergleichen Gläser sind immer
ark genug geladen, wenn es so weit gekommen ist, daſs
bstentladung erfolgen kann, und dieses wird dem Ex-
tator minder unangenehm seyn, als wenn bei gröſserer
ıung des unbelegten Randes eine Flasche zersprengt
Hat hingegen die Maschine eine gröſsere Stärke, so
n 20 bis 30 Quadratschuh Belegung, wo die Gläser zu
Zeit dicker als gewöhnlich sind, damit zu laden im
ist, so darf man den unbelegten Rand des Glases nicht
rei Zolle seyn lassen. Besitzt endlich die Maschine so-
rksamkeit, daſs sie 50 und mehrere Flaschen, deren Gla-
2 Linien beträgt, vollständig laden kann, so muſs der
te Rand nicht unter 4″ hoch seyn, weil sonst eine
ıtladung erfolgt, ehe die Batterie das Maximum ihrer
erreicht hat. Es ist sehr rathsam, den unbelegten Raum
IF durch einen Ueberzug von Siegellack gegen die Feuch-
zu schützen, auch giebt dieser Ueberzug den Flaschen,
der ganzen el. Geräthschaft ein sehr nettes, reinliches
n. Das Siegellack wird hierzu im Mörser zerstoſsen,
rectificirter Weingeist aufgegossen und der daraus ent-
e Brei mit dem Pinsel auf das Glas getragen, das man
erwärmt hat. Auch ist Bernsteinfirniſs zu diesem Zwecke
ıglich. Brook[1] wollte beobachtet haben, daſs sich die
lasche viel stärker laden lasse, und die Selbstentladung
iter eintrete, wenn der unbelegte Rand statt recht trocken
in zu seyn, vielmehr etwas beschmutzt sey, und zwar
nt er den Grad und die Art dieser Beschmutzung dahin,
n etwas flüssiges Oel oder irgend eine andere nicht lei-
an dem Glase dünne anhängende Substanz z. B. die un-
he Ausdünstung der durch Bewegung erhitzten Hand,
nch einigermaſsen öligter Natur ist) über die Oberfläche
belegten Glases reibt, wovon sich der Nutzen besonders
eigen werde, wenn der el. Apparat sich in einem war-
nd trockenen Zimmer befinde, aber viel weniger in einer
Stube, wo weder eingeheizt wird, noch die Sonne hin-
ıeint. Dieser Einfluſs eines Ueberzuges mit einer solchen
en, (öligten) Substanz auf Verstärkung der Ladung läſst

[1] a. a. O. S. 82.

habe ich diese Versuche vergleichungsweise [illegible]
von dickem Glase angestellt.

Hat die Flasche, wie namentlich die [illegible]
dünnen Hals, so läſst sich dieselbe auf [illegible]
so wie auſsen mit Stanniol belegen. [illegible]
kleine Flaschen, so weit die Beleg[illegible]
oder Messingspähnen, auch mit S[illegible]
Auflösung von Kochsalz an, in gr[illegible]
was zu schwer würden, gieſst m[illegible]
telt ein wenig Messingspähne hi[illegible]
bis sich die Spähne dicht an [illegible]
wo sie durch das Gummi [illegible]
solcher enghalsigen Flasch[illegible]
und Wachs, welcher [illegible]
feilicht versetzt ist, [illegible]
bringt, und durch S[illegible]
nern Fläche verbre[illegible]
Brook das Glas d[illegible]
sprengt wird. F[illegible]
grünem Glase, [illegible] die Masch[illegible]
feilspähnen be[illegible] eine Batterie
aus angefüll[illegible] Der Uebersetzer, w[illegible]
legt waren, [illegible] em Rande besser laden l[illegible]

Die [illegible] mit Feuchtigkeit beschlagen
dürfen [illegible] er den oben angegebenen Umst[illegible]
durch [illegible] durch die Schicht Feuchtigkeit, die
Wei[illegible] racht sey, sondern durch das Anhänger[illegible]
set[illegible] die sich in jedem Zimmer befinden, und [illegible]
b[illegible] elt worden, jenen Dienst geleistet, währen[illegible]
Schicht Feuchtigkeit sich durch die Verdunstung be[illegible]
Witterung wieder verloren habe, denn er habe scho[illegible]
funden, daſs eine ganz neu mit Siegellack überzog[illegible]
anfänglich nicht so gute Dienste that, als nach e[illegible]
auch daſs sie sich dann auſserordentlich stark laden
achtet sie voll feinen Staubes lag. Indeſs hat Cut[illegible]

1 S. dessen 3te Fortsetzung seiner Abhandlung von [illegible] citat d. Uebers. Leipz. 1796. S. 102.

2 S. 134. 135.

3 G. III. 1.

ine frühere Beobachtung bestätigt, in-
Hineinhauchen bei recht trockenem
hen, eine stärkere Ladung anzu-
n 21 : 15 verstärkte, auch eine
he ich in der Theorie der
Auch VAN MARUM[1] be-
d, dafs seine Batterie
ahlen erwärmt hatte,
Stunden nachher,
m stets feuchten
rdichtung von

he ist die
und eine
as jene so we-
lassung gebe. Bei
sehen sind, verschliefst
einem genau einpassenden,
en Korkstöpsel. In diesen Stöpsel
nd ein starker messingner Draht hin-
ier unten mit einigen dünnen federnden
rsehen ist, die sich im Innern vermöge ihrer
en und an die innere Belegung etwas anstem-
che inwendig mit Metallspähnen oder Schrot
inreichend, den einfachen Draht bis in diese
en zu lassen. Oben mufs der Draht 6 bis
lasche hervorragen, bei A bekommt er einen
Kugel von etwa $\frac{2}{3}$ Zoll Durchmesser bei klei-
Es ist sehr bequem, wenn der Draht oben
was unter der Spitze aber mit Schraubengän-
, so dafs man die hohle Kugel A nach Gefallen
ben kann. Bisweilen wird auch der Draht am
n gebogen, um die Flasche daran aufzuhän-
läsern mit weiter Mündung, wie man sie ge-
erien gebraucht, ist obige Einrichtung nicht
kel von mit Siegellack überzogenem Holze
lurch man den Zuleitungsdraht steckte, die
waren, hat man mit Recht verworfen, weil

m.

sich allerdings begreifen, da trockenes, vorzüglich aber [illegible] Glas der E. an seiner Oberfläche keinen so grossen Wi[illegible] leistet und eine Selbstentladung längs derselben daher früh[illegible] folgen kann, als bei jenem Ueberzuge.

Dagegen ist die Beobachtung Cuthbertson's, dass [illegible] dung sehr verstärkt werden könne, wenn der unbelegt[illegible] mit einem feinen Ueberzuge von Dunst und Staub bedec[illegible] dem ersten Anscheine nach mit den bewährten elektrisch[illegible] setzen weniger in Uebereinstimmung zu bringen. Cuth[illegible] son bemerkt nämlich [1], er habe gefunden, dass die Fl[illegible] allezeit eine stärkere Ladung ertrugen, wenn er sie [illegible] trocknete und abrieb. Bei feuchter Witterung sey die [illegible] stärker gewesen, als bei trockener, und bei sehr trocken[illegible] terung, wo sich die Flaschen nicht stark laden liessen [illegible] er die Ladung immer höher treiben können, wenn er [illegible] Flaschen hineingeathmet habe. Doch führt er weiter [illegible] dass nur ein bestimmter mässiger Grad von Feuchtigkeit [illegible] Dienst leiste, und bei zu vieler derselbe wieder verlore[illegible] wie dann eben darum in Holland, vorzüglich im Win[illegible] überflüssige Feuchtigkeit in der Luft sey und die Maschin[illegible] sehr stark wirken, es unmöglich sey eine Batterie v[illegible] ansehnlicher Grösse zu laden. Der Uebersetzer, welch[illegible] die Flaschen mit überfirnisstem Rande besser laden konn[illegible] diejenigen, deren Rand mit Feuchtigkeit beschlagen war, [illegible] das Anhauchen unter den oben angegebenen Umständen nicht sowohl durch die Schicht Feuchtigkeit, die dadu[illegible] das Glas gebracht sey, sondern durch das Anhängen der [illegible] theilchen, die sich in jedem Zimmer befinden, und das d[illegible] vermittelt worden, jenen Dienst geleistet, während die [illegible] Schicht Feuchtigkeit sich durch die Verdunstung bei tro[illegible] Witterung wieder verloren habe, denn er habe schon lan[illegible] funden, dass eine ganz neu mit Siegellack überzogene [illegible] anfänglich nicht so gute Dienste that, als nach einige[illegible] auch dass sie sich dann ausserordentlich stark laden liess, [illegible] achtet sie voll feinen Staubes lag. Indess hat Cuthber[illegible]

1 S. dessen 3te Fortsetzung seiner Abhandlung von der [illegible] cität d. Uebers. Leipz. 1796. S. 102.

2 S. 134. 135.

1 G. III. 1.

tere Versuche seine frühere Beobachtung bestätigt, innd, dafs dieses Hineinhauchen bei recht trockenem e Fähigkeit der Flaschen, eine stärkere Ladung anzuin dem Verhältnisse von 21 : 15 verstärkte, auch eine davon gegeben, auf welche ich in der Theorie der lasche zurückkommen werde. Auch VAN MARUM[1] beese Erfahrungen, indem er fand, dafs seine Batterie ır nachdem er sie in den Sonnenstrahlen erwärmt hatte, starke Ladung annahm, als einige Stunden nachher, ınbelegte Theil der Flaschen in dem stets feuchten Teyler'schen Stiftung leicht durch Verdichtung von chlagen seyn konnte.

wichtiger Theil der Zubereitung einer Flasche ist die ıene Zuleitung der E. zur innern Belegung und eine ›rrichtung des Zuleiters zu derselben, dafs jene so weöglich zum Ausströmen der E. Veranlassung gebe. Bei die mit einem engen Halse versehen sind, verschliefst röhnlich die Oeffnung mit einem genau einpassenden, senes Wachs getauchten Korkstöpsel. In diesen Stöpsel ı Loch gebohrt und ein starker messingner Draht hinteckt, welcher unten mit einigen dünnen federnden lrähten versehen ist, die sich im Innern vermöge ihrer ſt ausbreiten und an die innere Belegung etwas anstemt die Flasche inwendig mit Metallspähnen oder Schrot so ist es hinreichend, den einfachen Draht bis in diese hinabgehen zu lassen. Oben mufs der Draht 6 bis ber die Flasche hervorragen, bei A bekommt er einen der eine Kugel von etwa $\frac{2}{3}$ Zoll Durchmesser bei kleiaschen. Es ist sehr bequem, wenn der Draht oben nacht, etwas unter der Spitze aber mit Schraubengänehen wird, so dafs man die hohle Kugel A nach Gefallen l abschrauben kann. Bisweilen wird auch der Draht am ıde krumm gebogen, um die Flasche daran aufzuhänei Zuckergläsern mit weiter Mündung, wie man sie geı zu Batterien gebraucht, ist obige Einrichtung nicht ›ar. Deckel von mit Siegellack überzogenem Holze ırke, wodurch man den Zuleitungsdraht steckte, die Gebrauch waren, hat man mit Recht verworfen, weil

———

[1] . I. 81. Anm.

sie zu viel Gelegenheit zur Zerstreuung der E. geben mit Stanniol überzogenen Kork oder hölzernen Fuſs auf den der Flasche aufzukitten, in welchen man den Zu draht einschraubte, ist theils beim Aufkitten mit Gefah Flasche verbunden, theils mit der Unbequemlichkeit, Fuſs leicht wieder losgeht. Die von v. MARUM angegeb richtung[1] verdient daher in jeder Hinsicht den Vorzu

Fig. 54. läſst sich cylindrische Stangen von Holz verfertigen, wi der Dicke von ½ Zoll und von einer Länge, die durch der Flaschen bestimmt wird. Jede Stange ist auf ei Scheibe c von 4,5 Z. Durchmesser befestigt, und auf Ende wird ein Messingrohr d e gepaſst, auf welches d f e, die bei sehr groſsen Flaschen, besonders wenn sie terien gebraucht werden, anderthalb Zoll im Durchm ben kann, aufgeschraubt oder auch nur aufgesteckt wi Messingdrähte von 0,5 Linien Dicke, die den untern Messingrohrs berühren, und längs der hölzernen Stange gehen, laufen über die Oberfläche der Scheibe c hin daſs sie mit dem belegten Boden des Glases in Berührung Jede hölzerne Stange ist oberwärts mit einer ähnlichen r runden Scheibe g g wie unterwärts von 4,5 Zoll Durchm sehen, bis auf welche das Messingrohr d hinabreicht.

Fig. 55. Scheibe hat drei einen halben Zoll dicke längliche Ho h, h, h, die an ihrer untern Fläche durch Streifen von l befestigt sind, welche letztere statt Charnieren diene jeder dieser Latten ist ein Ring oder eine Oehse k, k v singdraht befestigt, die bei der horizontalen Lage de durch den Einschnitt in der hölzernen Scheibe g hind Indem in dieser Lage die Oehse ungefähr ¼ Z. über d Fläche der Scheibe hervorragt, kann man jede der Latt rer horizontalen Lage befestigen, indem man ein kege zugeschnittenes Holzstäbchen durch die Oehse hindu Die Holzstäbe oder Latten h, h haben gerade die Län wenn sie in ihrer gehörigen Länge horizontal in dem G gestreckt sind, sie die innere Belegung des Glases berüh die Stange mit dem Zuleitungsrohre in die Flasche ein und zu fixiren, läſst man die Holzstäbe h, h an ihren Charnieren i, i herabhängen, nachdem man vorher klei

1 Seconde Continuation p. 108.

die Ringe k, k befestigt hat, die durch die Einschnitte
be g hindurchgehen. Hat man so die Stange mit den
hineingebracht, so zieht man die Bindfäden in die
s die Holzlatten horizontal ausgestreckt sind, und wenn
ınn vermittelst der durch die Ringe durchgesteckten Keil-
stigt hat, so ist die Stange selbst in ihrer perpendicu-
ge fixirt. Damit die Scheibe g und die Holzstücke h, h
s mit zur Ladung des obern Theiles der Flaschen die-
ıen, sind sie, so wie auch die untere Scheibe, mit Stan-
rzogen. Man übersieht leicht, dafs durch diese Ein-
eine sehr innige und ausgebreitete Verbindung des Zu-
ıit der innern Belegung vermittelt ist, und dafs diese
ing für jede Art von Zuckergläsern sowohl für die voll-
cylindrischen als auch für die mit oben verengerter
g pafslich gemacht werden kann. Wenn auch der in-
ıfang kein vollkommener Kreis ist, so wird man bei der
g der Stange doch immer eine Lage finden, in welcher
ens zwei der Holzstäbe h, h sich an die innere Wand an-
n, und dadurch in genaue Berührung mit der innern Be-
kommen, worauf so sehr viel bei der Ladung und Ent-
ankommt. Die Holzstangen müssen eine hinlängliche
haben, damit das Messingrohr mit seiner Kugel wenig-
ıoch 6 Zoll über die Mündung der Flasche hervorstehe.
ener Erfahrung habe ich diese Einrichtung sehr praktisch
en.

an sieht übrigens leicht ein, dafs sich die beschrieben
tung der Ladungsflaschen in Nebenumständen noch man-
g abändern läfst. Priestley[1] hat Flaschen von allerlei
abbilden lassen. Zu etwas gröfseren Versuchen haben
ets die grofsen Zuckergläser den Vorzug, und mehrere
e Flaschen von gleicher Gröfse der Belegung aller zusam-
ıommen, als die einer einzelnen, lassen sich auch bei
r Glasdicke nie so stark laden, wie letztere, weil die
nheiten zur Zerstreuung der E. bei ihnen nothwendig viel-
vorkommen müssen.

Venn die Ladungsflaschen einen Sprung bekommen, so
ie zum ferneren Gebrauch untauglich, jedoch giebt Ca-

Geschichte der Elektricität Taf. II. Fig. e — k.

che Einrichtung für etwas gröſsere Flaschen an. Auch hat eine Einrichtung zu einer Sperrflasche angegeben, das Unbequeme hat, daſs man beim Laden die Flasch... muſs. Uebrigens lassen sich mancherlei Einrichtun... solchen Sperrflasche leicht ausdenken.

II. Ladung, Entladung und dab... kommende Erscheinungen.

1. Ladung und Erscheinungen der...

Die Ladung der el. Platten und Flaschen besteht ... darin, daſs man der einen Belegung oder Sei... sitive oder negative E. mittheilt und in derselben ... Verhältnissen, unter welchen sich in der entgegenge... legung die entgegengesetzte E. anhäufen kann. ... hierbei statt findenden Erscheinungen und überhaupt ... zen Vorgang wird man am gründlichsten belehrt, ... ein Elektrometer zu Hülfe nimmt.

a. Der einfachste Fall der Ladung einer Flasch... man dieselbe mit einer Hand an ihrer äuſseren Beleg... und mit ihrem Knopfe in eine Entfernung von unge... halben Zolle von dem Conductor einer in Bewegung ... Elektrisirmaschine bringt; es wird eine Folge von F... dieselbe überspringen, die nach und nach schwäche... und endlich aufhören. Bringt man die Flasche näher, ... den abermals Funken in dieselbe übergehen, und um ... ceſs bis zu seinem Maximum zu treiben, muſs man di... mit dem Conductor der Maschine in Berührung brin... überhaupt vom Anfange an die günstigste Bedingung fü... dung ist. Wenn man den Versuch unter Anwendu... Adams'schen Ladeelektrometers[2] anstellt, so beobach... folgendes. Wird das Elektrometer auf den ersten Leit... steckt, und die Elektrisirmaschine ist nur einigermaſs... sam, so zeigt dasselbe, noch ehe die Scheibe eine g... drehung durchlaufen hat, das Maximum von Spannu... der mit der Kugel versehene bewegliche Metalldraht ... 90°. Wird aber dann die Flasche mit demselben Leite...

1 a. a. O. S. 74.

2 S. *Elektrometer* III. 675.

'heilen zusammengeschmolzen und auf eine mit Zinn-
:kte Tafel gegossen werden. Viele Versuche dieser
ILKE[1] angestellt, namentlich mit gestofsenem Schwe-
ner dichten Schwefeltafel, mit Lack, Pech und Wachs,
bleiernen Formen zu Tafeln geschmolzen waren, mit
he wohl ausgetrockneten Papiers, mit Baumöl, das
eiernen Form sich befand, endlich mit einer Luft-
)as Oel nahm hierbei nur eine schwache Ladung an,
bei gleicher Dicke die stärkste und behielt sie auch
n. Kleine Risse in den Tafeln hinderten alle La-

ie gewöhnlichen Flaschen ihre Ladung nur kurze Zeit
hat CAVALLO[2] eine Einrichtung angegeben, welche
g über 6 Wochen lang halten soll, und welche unter
:n der *Sperrflasche* bekannt ist. Aufser der äufsern
n Belegung, welche die Flasche mit allen andern ge-
ist in ihrem Halse eine an beiden Seiten offene Glas-
gekittet, und diese reicht ein wenig in die Flasche
Sie hat am untern Ende einen Draht, der die innere
berührt. Die gleichsam andere Hälfte des Zuleitungs-
ait dem Knopfe ist in eine andere Glasröhre gekittet,
ist doppelt so lang, aber enger als die vorerwähnte ist,
so, dafs an einem Ende blofs der Kopf, am andern
etwas weniges vom Draht hervorragt. Diese Glas-
n man nach Gefallen in die andere hineinstecken, wo-
itere Ende des Drahtes jenen an dem ersten Rohre be-
Draht oder noch besser die innere Belegung selbst
mufs. Ist diese zweite Röhre in der angegebenen La-
nn man die Flasche auf die gewöhnliche Weise laden
den. Nimmt man aber nach der Ladung die zweite
t dem Knopfe und Drahte heraus, so ist die innere Be-
anz isolirt, und man kann so die Flasche geladen bei
:n oder versenden, ohne dafs sie die Ladung sobald
DONNDORF[3] beschreibt diese Flasche mit einigen klei-
derungen umständlich, giebt auch[4] noch eine ähnli-

---

hwed. Abh. für 1758. XX Bd. d. d. Uebers. 241.
a. O. I. 324.
:hre von der E. Erf. 1784. I Bd. S. 54.
end. S. 61 f.

wohl darauf sehen, dafs die Glieder derselben überall ge sammengelöthet und von hinlänglich dickem Drahte seye ein zu dünner Draht oder die rauhen Enden der Glie frühern Ausströmen Veranlassung geben.

d. Bei dieser Art der Ladung zeigt nur die *eine* I freie Spannung, da die *andere* wegen ihrer Verbindung Erdboden stets auf 0 bleibt.

e. Alle Erscheinungen zeigen sich auf dieselbe Ar man statt positiv zu laden, negativ ladet, d. h. wenn dem Knopfe der Flasche den isolirten Knopf des Reibz rührt, während die äufsere Belegung mit dem Erdboden bindung ist. Eben so zeigen sich alle Erscheinungen selbe Weise, wenn man die äufsere Belegung an den C der Maschine legt, während man die Flasche am Kno nur zeigt dann die äufsere Belegung die freie el. Spannung innere Belegung mit dem Zuleiter zu derselben Zeit nach

f. Statt die eine Belegung mit dem Erdboden i bindung zu setzen, kann man die Ladnng eben so be wenn man den beiden Belegungen die entgegengesetzte zwei Elektricitätsquellen unmittelbar zuführt, ein Ve welches den ganzen Procefs der Ladung in ein vorzügli les Licht setzt. Dieses läfst sich bei der jetzt allgemein führten Einrichtung der Elektrisirmaschinen, nach weld Reibzeug mit einem eigenen isolirten Conductor versel leicht dadurch bewerkstelligen, dafs man die innere B der übrigens vollkommen isolirten Flasche mit dem po die äufsere mit dem negativen Conductor oder umgek Verbindung bringt. Hierbei wird sich nun, verglichen i ersten Hauptfalle (a) der Unterschied ergeben, dafs beid gungen freie el. Spannung von gleicher Stärke, wenn Gröfse und Form des negativen und positiven Conductor möglich Gleichheit beobachtet ist, zeigen, dafs ferner i Umdrehungen der Maschine erforderlich seyn werde dieselbe Flasche auf dieselbe Spannung, mit dem g Elektrometer geschätzt, zu laden, dafs folglich auf di geladen dieselbe Flasche bei demselben Stande des L elektrometers, eine gröfsere und zwar, wie sich aus de rie der Ladung ergeben wird, eine doppelt so grofse hat. Bei dieser Art der Ladung kann man sagen, dafs e sche sich durch ihre eigene E. lade, da die positive E

der mit dem Reibzeuge verbundenen Belegung in dieses, rt in den positiven Leiter übergeht, von diesem der Bewomit letzterer verbunden ist, allmälig zugeführt wird. n den beiden Hauptfällen a. und f. befindet sich die Flaer solchen Umständen, dafs, indem der einen ihrer BeE. zugeführt wird, die andere im gleichem Verhältnit gleichnamige E. abgeben und die entgegengesetzte en kann. Dafs dieses wirklich während der Ladung e, und nothwendige Bedingung zur Ladung sey, beie Anstellung des Versuchs mit einer isolirten Flasche. ian die Flasche durch eine Kette oder einen Haken an n Leiter, so dafs sie übrigens in der Luft vollkommen t, und wird nun abermals das Ladungs-Elektrometer Conductor aufgesteckt, so sind nicht, wie in a., mehlrehungen der Maschine nöthig, um das Elektrometer laximum der Spannung zu bringen, sondern diese wird, s wenn die Gröfse der Belegung der Flasche gegen die he des Conductors der Maschine nicht sehr in Betracht eben so schnell eintreten, als wenn die Flasche gar nicht i Verbindung wäre, und die Flasche wird auf die wein angegebene Weise untersucht, keine merkliche Ladung Ist jedoch die äufsere Belegung der Flasche nicht alen eben und glatt, sondern hat sie Spitzen und rauhe so kann doch in diesem Falle eine schwache Ladung , besonders wenn die Luft feucht ist. Dieses wird um geschehen, wenn man die Flasche statt durch die Luft en, auf einen Harzkuchen stellt, besonders wenn dere und da kleine Risse hat. Wird die Flasche nach der rt des Verfahrens auf eine so vollkommen als möglich e Grundlage, also z. B. auf einen hinlänglich grofsen, tten, und ebenen, Harzkuchen gestellt, und mit ihrem dem ersten Leiter etwa auf einen halben Zoll genähert, äufseren Belegung auf dieselbe Weite entweder der des Fingers, oder auch ein mit einem Knopfe versèessingstab, den man in der Hand hält, genähert, und chine in Bewegung gesetzt, so schlagen eben so wie aus nductor der Maschine auf den Knopf der inneren Beleis der äufseren Belegung auf den Knöchel oder jenen ortdauernd Funken über, und so wie die Funken vom tor aus kleiner werden, und der Knopf demselben darum

mehr und mehr genähert werden muſs, so muſs auch
chel oder jener Messingleiter der äuſseren Belegung
mehr bis zur unmittelbaren Berührung genähert werde
die Flasche positiv geladen, so ist die dem Knöchel
messingenen Leiter mitgetheilte E. gleichfalls positiv,
gengesetzten Falle negativ, so daſs für den ersten An
zur innern Belegung geführte E. gleichsam durch das
durch zu dringen scheint, wenn nicht schon allein der
daſs die Funken immer kleiner werden, und endlich
hören, obgleich die Maschine fortdauernd umgedreht
einen ganz andern Ursprung jener Funken hindeutete.

h. Mit der aus der äuſseren Belegung entweichend
sich eine zweite, von dieser aus eine dritte und so f
wobei alle Flaschen einer solchen Reihe vollkommen is
können, wenn nur für eine gehörige Verbindung ihrer
Belegung mit der innern der nächstfolgenden gesorgt ist
äuſsere Belegung der letzten entweder mit dem Erdbo
dem isolirten Reibzeuge der Maschine, an deren positi
ductor die erste Flasche der Reihe geladen wird, in Ve
gesetzt ist. Ist kein Luftzwischenraum zwischen den
mengehörigen Belegungen der auf einander folgenden
so geht der Vorgang der Ladung aller Flaschen ganz
sich, im entgegengesetzten Falle schlagen durch dies
schenraum, wenn er nicht zu groſs ist, Funken durc
kann diesen Versuch durch eine zweckmäſsige Einricht
Elektrisirmaschine mit zwei Flaschen sehr lehrreich so
len, daſs man zu den zwei Conductoren derselben zwei
auf ihren Glasfüſsen stehende hohle Cylinder von Messi
verzinntem Eisenblech nimmt, in welche zwei auſsen
cylindrische Ladungsflaschen genau hineinpassen, so da
ihrer Glasfläche gut an die Wand der Höhlung anschlie
noch um 3 Zoll mit ihrer unbelegten Fläche darüber
gen. Hier vertritt nun der cylindrische Conductor die S
äuſseren Belegung. Verbindet man dann die beiden Kn
Zuleiter zur innern Belegung durch einen Messingdra
cher vermöge einer doppelten rechtwinklichen Biegung
hinlänglichen Höhe über der Scheibe hinweggeht, und
Glasröhre in seiner gröſsten Länge umgeben ist, so daſs
ohne ihn ableitend zu berühren, nach geschehener Lad
wegnehmen kann, und setzt nun die Maschine in Bewe

h, auch wenn beide Conductoren isolirt sind, doch ıschen in einem hohen Grade, und zwar hat die äuſsere ; der einen Flasche freie positive, die äuſsere Belegung rn, mit dem Conductor des Reibzeugs verbundenen reie negative Spannung, ihre beiden innern Belegungen . und beide sind gleich stark geladen.

Venn man eine Reihe von isolirten Flaschen an einan-, wovon nur die letzte durch ihre äuſsere Belegung mit ɔoden verbunden ist, so ist die Ladung jeder folgenden chwächer als die der vorhergehenden, und zwar ist die ɑach einem bestimmten Gesetze abnehmend, wie man ohl durch die schwächere Erschütterung als durch die ı der Elektrometer überzeugen kann, die bei jeder fol-ine schwächere freie Spannung, als bei der vorherge-dem Leiter, von welchem die Ladung ausgeht, näher n, annehmen. Ist aber von einer solchen Reihe von , welche soviel möglich einander vollkommen gleich gen, die eine äuſserste mit ihrer innern Belegung mit itiven Conductor, die andere äuſserste mit dem negati-ıductor in Verbindung, übrigens alle Flaschen als voll-isolirt, und nur auf die vorhin angegebene Weise mit verbunden angenommen, so sind die beiden äuſsersten ırk geladen, und die Ladung nimmt nach der Mitte der . nach einem bestimmten Gesetze ab.

Wenn man eine Flasche, die mit einem *Adams'schen ıteneleklrometer* versehen ist, ladet, so findet man, daſs in dem Verhältnisse in die Höhe steigt, in welchem die e länger umgedreht wird. Unter der Voraussetzung, chts von der Quantität der E., welche durch die ıng der Maschine erregt wird, verloren geht, sondern n der Flasche verdichtet wird, wie sich auch durch die Betrachtungen im Geiste derjenigen Theorie, welche iges Fluidum als die Ursache der el. Erscheinungen an-ollkommen rechtfertigen wird, so sieht man leicht ein, eine gegebene Flasche der Grad der freien Spannung, das Elektrometer anzeigt, auch die Stärke der Ladung en wird. Wenn zwei Flaschen, die in allen Stücken ıöglich übereinkommen, gleich stark geladen werden sol-wird nothwendig die doppelte Menge von E. und also chförmiger Wirksamkeit der Maschine die doppelte An-

les Nichtleiters noch ihren Einfluſs äuſsere, darüber fehlt nügenden Versuchen. Wollte man die Analogie des smus zu Hülfe nehmen, so würde diese besondere Beieit als keinen Einfluſs äuſsernd zu betrachten seyn, da heilende oder Atmosphären-Wirkung des Magnetismus le Medien in gleichem Grade hindurchgeht, und nur e Entfernung modificirt wird, die Erscheinungen der Flasche aber auch lediglich von einer Atmosphären-; abhängen. Daſs Wilke einen Unterschied nach der denheit der Materien, aus welchen seine Ladungsplatmden, fand, und besonders am Siegellack eine so übere Ladungsfähigkeit beobachtete, kann auch bloſs von gleichen Leitungs-Vermögen dieser verschiedenen Nichtvon denen keiner ein absoluter Isolator ist, abgehanen.

Die Ladung einer Flasche oder Platte findet sich nicht Belegungen, sondern auf der Glasfläche selbst. Man kann lie Belegungen abnehmen, und mit andern vertauschen, aſs dadurch die Ladung der Flasche oder Platte mit weggen wird. Man kann diesen Versuch auf verschiedene nstellen. Bei Glasplatten ist er am leichtesten anzustelnn man zu ihren Belegungen Messingplatten gebraucht, isolirenden Handgriffen versehen sind, an denen man sie Glasplatte abziehen, und ähnliche an ihre Stelle bringen Während der Ladung muſs dann begreiflich die eine Bemit dem Erdboden in leitende Verbindung gesetzt were man nach geschehener Ladung wieder aufhebt. Eine rs bequeme Vorrichtung hierzu, und um alle auf die s der Ladung sich beziehende Versuche anzustellen, ist rischen ein Gestell von überfirniſsten Glasstäben senkrecht ingte Glasplatte, die in einem Rahmen von recht trockead wohl überfirniſstem Holze eingefaſst ist, um sie mit m Schnüren, die an den Rahmen befestigt sind, an die len, wovon zwei senkrecht aufgerichtet sind, und die quer oben über weggeht, aufzuhängen. Die Belegungen n aus recht ebenen, glatten runden Platten von dünnem, gblech mit umgeschlagenem, dadurch etwas verdicktem bgerundetem Rande, die gleichfalls senkrecht an Glassäuf geeigneten Füſsen befestigt sind, und auf der Bodendes Gestells, in welchem die Ladungsplatte hängt, her-

angeschoben werden können, so dafs sie parallel einander gerade gegenüber stehen, und nur durch die Glasplatte, an welche sie recht genau anschliefsen müssen, von einander getrennt sind. Von solchen Platten hat man dann ein doppeltes Paar nöthig. Zieht man nach geschehener Ladung die zuerst gebrauchten Platten ab, und bringt an ihre Stelle das zweite Paar, so wird man bei der Entladung immer noch eine sehr derbe Erschütterung erhalten. Dieser Versuch gelingt indefs nur recht gut bei trockner Witterung, und wenn man etwas schnell jenen Austausch vornimmt, denn allerdings haftet ein Theil der E. an der Metallbelegung derjenigen Seite, von welcher die Ladung ausgegangen ist, und welche freie Spannung zeigt, und wenn man diese Platte abzieht, so wird auch ein Antheil vorher gebundener E. auf der entgegengesetzten Fläche frei. Man kann denselben Versuch auch mit einem Zuckerglase oder Trinkglase machen, dessen Belege aus passenden schüsselförmigen Deckeln von Zinn oder mit Zinnfolie überzogener Pappe bestehen, in deren einen man das Glas hineinsetzt, während der andere sich bequem durch die Oeffnung der Flasche einbringen läfst, und die nach geschehener Ladung mit ähnlichen vertauscht werden. Eine Hauptsache ist, dafs diese beweglichen Belegungen genau an die Glasfläche anschliefsen. Bei mit Schrot gefüllten Flaschen kann man diesen auch ausschütten, und durch andern ersetzen, und die Flasche wird ihre Ladung nicht verloren haben.

Die Belegungen dienen vorzüglich nur dazu, die bei der Ladung den Belegungen zugeführte E. gleichförmig über alle Puncte der Glasfläche zu verbreiten und auch bei der Entladung auf einmal von allen Puncten der Glasfläche abzuleiten. Wäre die Glasfläche ohne Belegung, so würde beim Laden die E. nur zunächst derjenigen Glasstelle zugeführt werden, mit welcher der Zuleitungsdraht in unmittelbarer Berührung ist, und alle übrigen Stellen würden so gut wie ohne Ladung bleiben. Bei gehörigem Verfahren kann man indefs auch eine unbelegte Flasche oder Platte laden. Man halte eine reine und trockene Glasplatte an eine ihrer Ecken, und fahre mit ihr über die am positiven oder negativen Conductor durch einen Messingdraht befestigte hervorstehende Kugel, so dafs jede Stelle des Glases nach und nach mit ihr in Berührung kommt, während man die Glasplatte auf der andern Seite mit dem Finger oder irgend einem andern mit dem Erdboden in Verbindung stehenden Leiter der jedes-

der Kugel anliegenden Stelle gegenüber berührt. Die te wird auf diese Art geladen, indefs zeigt sie ihre volle durch eine ähnliche Explosion, wie andere belegte Glas- nur dann, wenn man vor Anbringung des Ausladers an den Oberflächen Metallplatten anlegt, die auf einmal von ıncten der geladenen Glasfläche die E. dem Auslader zu- können, während bei Anbringung des Ausladers an die te Glasfläche die Entladung nur von jeder einzelnen ıs, mit welcher der Auslader in Berührung kommt, mit leinen Funken geschieht, weswegen aber auch nach der viele solcher Entladungen erfolgen können, wenn man n Auslader über die Glasplatte hinfährt. Noch schneller ıan die Ladung einer solchen unbelegten Glastafel bewir- venn man die Zuleiter, welche ihren beiden Flächen die ıngesetzten Elektricitäten zuführen sollen, zuspitzt, und ıstafel während der Elektrisirung zwischen ihnen hin und hrt. Nur eine Luftschicht scheint sich bei ihrer Ladung ıe andere Weise, wie die übrigen Nichtleiter zu verhal- Diese wird dadurch bewirkt, dafs man zwei mit Stanniol ogene, recht ebene, Bretter einander gegenüber bringt, ı man das eine auf den Tisch legt und das andere an sei- Fäden aufhängt, genau parallel über dem ersteren, durch ıftschicht von einem Zoll davon getrennt, und dem letz- durch die Maschine E. zuführt, ein Versuch, den zuerst .s angestellt zu haben scheint[1]. Hier wird man bei der Be- ıg beider Flächen eine starke Erschütterung erhalten, zum ise einer wirklich statt findenden Ladung, und zwar auch , wenn man während der Anstellung des Versuchs durch Blasebalg die dazwischen befindliche Luft fortdauerd er- t. Der Uebergang der E. von einer recht glatten ebenen .e an die Luft selbst findet also nicht statt wie an einen star- lichtleiter, und die durch die Ladung verdichtete E. haftet also an den Metallflächen selbst, und wird daran, wie an Leitern überhaupt, nur durch den Widerstand der Luft zu- gehalten. Uebrigens gelingt der Versuch der Ladung einer chicht nur bei recht trockenem Wetter, und die Erschüt- g ist nur dann recht stark, wenn man dieselbe noch wäh- der fortdauernden Elektrisirung nimmt, verliert sich dage-

———

a. o. a. O. S. 263.

gen sehr schnell nach dem Aufhören derselben, wovon die
sache wohl in der Beweglichkeit der Luft, die eben
ein sehr unvollkommener Isolator ist, liegt. Dasselbe find
bei der Ladung einer Oelschicht statt.

h. Cuthbertson will wiederholt die Beobachtung ge
haben, dafs im Winter dieselben Flaschen keine so sta
dung annehmen, als im Sommer, die Stärke der Ladung
nach der Länge des Entladungsfunkens durch das Lane'sche
ladeelektrometer, als nach der Länge des geschmolzenen
drahts bestimmt [1]. Eben die Flasche, mit welcher Cuth
son 8 Zoll Eisendraht im Sommer geschmolzen hatte, k
Winter keine Ladung vertragen, die stark genug war,
5 Z. zu schmelzen, ohne durchbrochen zu werden, und
trug sich dieses so anhaltend zu und Cuthbertson zer
viele Flaschen, dafs er endlich genöthigt wurde, das
schmelzen von mehr als 4 Z. mit Flaschen von gew
Gröfse zu unterlassen. Diese Verschiedenheit läfst sich
der verschiedenen Beschaffenheit der Luft im Sommer und
ter erklären. Im letzteren leistet nämlich die Luft weg
gröfseren Dichtigkeit und Kälte dem Durchbruche der E
Widerstand, als im Sommer, und da Cuthbertson de
such über das Schmelzen des Drahtes immer so anstellt
der Funken eine gewisse Luftstrecke von dem Knopfe d
dungsflasche zu der Kugel des Ausladers, der dann den
weiter zu dem zu schmelzenden Drahte führte, durchbre
mufste, so läfst sich sehr wohl erklären, warum nun eine
kere Ladung zum Durchbrechen durch diese Strecke im Wi
als im Sommer erforderlich war, die, wenn sie an der
sesdicke selbst weniger Widerstand fand, als in den verein
Hemmungen des Weges, den sie zu durchlaufen hatte, eher
Glas durchbrach als den letztern Weg nahm. Hätte Cuthb
son die Kugel des Ausladers dem Knopfe der Flasche gen
so würde er ohne Zweifel auch im Winter jene 8 Zoll Eisen
mit derselben Flasche haben schmelzen können. Die gr
Länge des Funkens beim Ausladen im Sommer als im Wi
erklärt sich auf die nämliche Weise von selbst. Doch könnte
eine gröfsere Sprödigkeit des Glases durch die Winterkälte An
an der leichtern Zerspringbarkeit beim Elektrisiren gehabt hab

1 Abhandlung von der El. 3te Fortsetzg. S. 130. 131.

ntladung der Leidner Flasche, Er- ›rungsschlag, Bedingungen und allge- nste Verhältnisse der Erschütterung.

)ie Entladung der Leidner Flasche wird bewirkt, wenn leitende Verbindung von einer Seite derselben zur an- t, auch nur so weit, bis sie der andern Seite so nahe lafs die E. derselben die zwischenliegende Luft durch- kann. Man bedient sich gewöhnlich dazu des Ausla- lessen eines Ende an die äufsere Belegung angesetzt, re aber dem Knopfe genähert wird. Sobald dieses Ende gehörigen Abstand vom Knopfe (in die *Schlagweite*) so bricht zwischen beiden ein starker Funke mit einem Laute aus, und die Ladung der Flasche ist bis auf einen Ueberrest verschwunden. Diese Erscheinung heifst der rische Schlag (*explosio electrica*; explo- lectrique, coup foudroyant; *electrical shock*). Funke übertrifft zwar den Funken aus dem ersten Leiter laschine nicht an Länge, vielmehr kann man durch an- ›ne Ausdehnung des ersten Leiters und das richtige Ver- zwischen den beiden Kugeln, zwischen denen der Funke icht [2], diesem eine viel gröfsere Länge verschaffen, als ;e des Entladungsfunkens selbst der gröfsten Batterieen ist, ı ist letzterer viel dicker, glänzender, in seiner Bahn ge- ınd nicht zickzackförmig, der Laut desselben ist viel hef- ınd nähert sich bei sehr grofsen Batterieen schon dem einer kleinen Pistole.

Wenn die Ladung nicht allzu stark ist, so kann man Schlag durch den Körper eines oder mehrerer Menschen lassen. Ist es nur einer, so fafst er die Flasche an der n Belegung mit der einen Hand, und nähert den Finger lern Hand ihrem Knopfe; sind es mehrere, so viel ihrer ›yn mögen, so bilden sie eine Kette, indem sie sich die geben, der erste fafst die Flasche mit der Hand, der bringt den Finger gegen den Knopf. Sobald der Schlag :ht, fühlen alle, wenn es auch hundert oder mehrere sind,

---

S. *Auslader*.

S. *Elelektrisirmaschine*.

und die Belegung alsdann nur eine verhältnifsmäfsige Gröf wenigstens einem Quadratschuh hat, in demselben Augen eine heftige Erschütterung, vorzüglich in den Ge der Hände, Arme und Schultern und in der Brust, die in der Regel keine weitere schmerzhafte Empfindung z läfst. Davon heifst der Schlag auch die **elektrische Erschütterung** (*concussio, commotio elec commotion électrique*). Ist die Ladung stark, z. einer Batterie oder auch nur einer Flasche von mehrere drat schuhen Belegung, die zu einem hohen Grade von nung geladen ist, so darf man sich dem Schlage nicht aus weil er alsdann Thiere zu tödten vermögend ist, und Lä der Nerven in den Theilen, durch welche er hindur Blutspeien u. d. g. verursachen könnte. Ueberhaupt bri E. bei der Entladung der Flaschen und Platten, vorzüglich mehrere zu einer Batterie vereinigt sind, die erstaunli Wirkungen hervor, und heifst daher *verstärkte Elektr* Doch findet darum kein wesentlicher Unterschied zwischen i der sogenannten *einfachen* E., wie sie vom ersten Leite Maschine aus wirkt, statt, wie man denn durch eine an sene Einrichtung die Wirksamkeit dieser letzteren bei hinlän Stärke der Maschine bis auf einen Grad verstärken kann sie mit derjenigen einer Leidner Flasche ganz übereink Volta[2] hat für verschiedene Gröfsen der Belegung den Grad der Spannung nach seinem Strohhalmelektrometer be welcher nöthig ist, damit im kleinen Finger eine ebe wahrnehmbare Erschütterung empfunden werde, und fa zu einer gewissen Grenze, dafs um bei noch einmal so Belegung den gleichen Effect hervorzubringen, eine Sp etwas gröfser als die Hälfte erforderlich ist. Doch mag m nem andern Elektrometer das Resultat wohl anders au Uebrigens weichen die Erschütterungen wenigstens qu merklich von einander ab, wenn sie auch durch dieselbe von E. hervorgebracht werden, je nachdem die Oberfläch die Spannung oder umgekehrt ersetzt wird. Die von ein nen Flasche mit grofser Spannung sind lebhafter, gleichsam vibrirend, aber weniger voll, die von einer

1 Vergl. *Elektrisirmaschine.*
2 G. XIV. 260.

oder Batterie mit schwacher Spannung sind schwerer r, und gleichen mehr den Schlägen der el. Fische. ls kann auch die Entladung einer Flasche stillschweie Schlag und Erschütterung bewirkt werden, wenn le Seiten derselben allmälig von ihren E. befreit (denn n zu befreien, ist wegen des Wirkungskreises der entetzten auf der andern Seite, durch welche jene zurückwird, unmöglich, wie aus der Theorie noch weiter wird). Am lehrreichsten in Beziehung auf das Wesen ng und Entladung geschieht dieses, wenn man eine adene Flasche auf einen Harzkuchen oder eine sonst ende Unterlage stellt. Berührt man nun den Knopf mit ger, so erhält man, da keine leitende Verbindung von ur äufsern Belegung statt findet, keinen Schlag, sonr einen stechenden Funken. So wie man diesen Funommen hat, ist die innere Belegung mit ihrem Zuleiter rückgebracht, wie dieses mit jedem Leiter der Fall ist, a man mit dem Erdboden in leitende Verbindung gesetzt Dagegen zeigt nun die äufsere Belegung, die vorher el. freie el. Spannung, und zwar von der entgegengesetzten wie die der inneren Belegung, und man kann nun aus eben so einen schwachen Funken erhalten. So wie man genommen, und damit die äufsere Belegung wieder auf 0 gebracht hat, so zeigt der Knopf und die innere Belegung ls freie Spannung von derselben Qualität, wie sie im e hatte, man kann einen neuen Funken aus ihr ziehen, die äufsere Belegung wieder dasselbe Verhalten, wie bei tziehung des ersten Funkens zeigt. So erhält man durch selnde Berührung des Knopfes und der äufseren Beleortdauernd Funken, die aber nach einem bestimmten Gemmer schwächer und schwächer werden, und hat man lange genug fortgesetzt, so dafs am Ende keine der Been auch am empfindlichsten Elektrometer freie Spannung zeigt, so ist die Flasche vollkommen entladen. Diese hweigende Entladung kann man auf eine interessante Weise dadurch bewirken, dafs man um die äufsere Belegung eiessingenen Ring legt, aus dem ein krumm gebogener Stab Fig. 56. inem Knopfe B heraufgeht, so dafs die beiden Knöpfe A B sich in einer Entfernung, die etwas gröfser als die Schlagist, gegenüberstehen. Wenn man dann einen leichten

Körper wie eine Kork- oder Hollundermark-Kugel seidenen Faden zwischen die beiden Kugeln herabhä so wird er abwechselnd von A und B angezogen, bring und nach die entgegengesetzten E. der beiden Seiten gleichung, womit die Entladung der Flasche gegeben hat diesem Versuche auch wohl den Namen der *elektrisch* gegeben, indem man jenem leichten Körper eine sol gab, und die Hin- und Herbewegungen desselben den beiden Kugeln gleichsam die Bewegungen jener darstellen, wenn sie ihr Gewebe spinnt. Die Spi wird aus Kork oder leichtem Holze geschnitten und la dafs ihr Körper dem jenes Thieres gleicht, die Füfse a den aus seidenen Fäden nachgebildet. Befestigt man Knöpfen A und B metallene Glocken, und wird an de nen Faden statt der Spinne eine kleine metallene Kug hangen, so entladet sich die Flasche allmälig durch ein

d. Die allmälige Entladung findet auch statt, wenn äufsere Belegung mit der Erde in Verbindung setzt, un Knopf der innern eine Spitze aufsteckt, oder wenn d tungsdraht schon an und für sich in eine Spitze aus durch Abschrauben der Kugel entblöfst wird, wobei greiflich sich isolirender Werkzeuge bedienen mufs. U sen Umständen zerstreut sich die E. der innern Belegu schweigend durch die Spitze, und zwar bei positive derselben mit einem im Dunkeln sichtbaren positive strahle, bei negativer mit der Lichterscheinung der Spitzen, während die E. der äufseren Belegung sich zeitig mit dem Erdboden ausgleicht. Dieselbe stille E erhalt man auch, wenn man die zugespitzten Enden laders, von dem man zu diesem Behuf vorher die Kuge schraubt hat, dem Knopfe der inneren und äufseren der auf einem Harzkuchen isolirten Flasche gegenüber zwar in einer gröfseren Entfernung als diejenige ist, bis cher der mit seiner Kugel versehene Auslader dem K Flasche zur Erhaltung des Schlags genähert werden und unter Voraussetzung positiver Ladung der inneren Belegu Knopfe gegenüberstehende Spitze einen negativen, die der Belegung gegenüberstehende einen positiven Feuer-Pi und umgekehrt bei entgegengesetzter Ladung. Selbst w Flasche an ihrem Zuleitungsdrahte mit keiner Spitzen ver

sich doch nach einiger Zeit ihre Ladung von selbst, re äuſsere Belegung in leitender Verbindung mit dem a ist, weil die Luft und die in ihr schwebenden lei- 'heilchen die E. der innern Belegung allmälig abführen, :h die der äuſseren Belegung in gleichem Verhältnisse n Gegensatze ausgleichen kann. Doch geht diese Zer- um so schneller vor sich, je kleiner die Kugel des Zu- rahtes und je dünner dieser selbst ist, dem Gesetze welches unter dem Artikel: *Elektricität* über die Ab- lerselben durch die Luft aufgestellt worden ist.

Wenn man eine etwas gröſsere Flasche oder gar eine auf die gewöhnliche Weise durch einen Auslader entla- daſs man die Kugel derselben nur so weit mit dem der Flasche nähert, daſs die Explosion erfolgen kann, l man nach erfolgtem Schlage in sehr kurzer Zeit bei r Annäherung der Kugel abermals eine, aber viel schwä- :xplosion erhalten, und wenn man abermals eine ge- ,eit abwartet, eine zweite und selbst noch eine dritte, die immer schwächer werden, wo aber selbst die zweite bei nsehnlichen Batterie trotz der Kürze des Entladungsfun- ft noch eine sehr heftige Erschütterung verursacht. Man defs unter günstigen Umständen die Kugel des Ausladers m Knopfe auch in unmittelbare Berührung bringen, nur an diese wieder aufheben, um bei neuer Annäherung je- ite Explosion zu erhalten. Dieser Ueberrest der Ladung vorzüglich dann statt, wenn die Luft recht trocken ist. '. Marum's[1] Versuchen steht er einigermaſsen im umge- ı Verhältnisse mit dem Grade, bis zu welchem bei der- Flasche oder Batterie die Ladung getrieben worden ist. ien er bei einer Ladung von 5° noch einmal so groſs zu als bei einer Ladung von 15°. Man sieht hieraus, daſs der innern Glasfläche angehäufte und verdichtete E. sich n einem gleich günstigen Verhältnisse für die Entladung n muſs.

Man kann eine Flasche ohne alle Explosion und ganz erkbar entladen, wenn man sie eben so stark mit der ent- esetzten E. von derjenigen ladet, durch welche sie ihre ıgliche Ladung erhalten hat. Ist z. B. eine Flasche am

---

G. I. 277.

positiven Leiter durch eine bestimmte Anzahl von Umdr der Elektrisirmaschine bis zu einem bestimmten Gr Spannung geladen worden, und wird sie dann mit den an den Leiter des Reibzeugs gebracht, so wird man n selben Anzahl von Umdrehungen alle Ladung der Flasch hoben finden, und bei fortgesetzter Bewegung der l wird sie dann negativ geladen. Man begreift indeſs lei es bei der wirklichen Anstellung des Versuchs schw genau den Punct zu treffen, wo die negative Ladung hergegangene positive gerade aufgehoben hat, da da zeichen der Aufhebung aller Spannung unsicher ist, s gewöhnlichen Ladungselektrometer die schwächeren Gr Spannung, womit bei gröſseren Flaschen noch eine se Ladung bestehen kann, nicht mehr anzeigen.

g. Die Ladung einer Flasche läſst sich unter mehrer vertheilen, wenn man nach vorher veranstalteter guter l Verbindung ihrer äuſseren Belegungen unter einander ih ren Belegungen durch einen isolirt gehaltenen Leiter, z. l den an einem isolirenden Handgriffe gehaltenen Auslad dem Knopfe der geladenen Flasche in Verbindung bring kann auf diese Art die Capacität jeder Batterie mit der (irgend einer Ladungsplatte von bestimmter Dicke eines b ten Glases von einer bestimmten Gröſse der Belegung chen, oder genau auffinden, wie viel mal mehr E. j diese enthält, wenn sie beide an einem und demselbe zugleich und also zu derselben Spannung geladen wurd bestimmte z. B. Cavendish in seinen lehrreichen Versu einem künstlichen Zitterrochen die Capacität einer jede von 7 Flaschen, von denen 7 Reihen seine ganze Batte machten, $15\frac{3}{4}$ mal so groſs, als diejenige einer Platte vo glas von der Dicke von 0,055 eines englischen Zolles Quadratzoll Belegung. Man nehme an, eine Flasche o terie sey so weit geladen, bis die Kugeln eines belieb deelektrometers (es sey nun ein Adams'sches oder ir anderes mit zwei gehörig aufgehängten Kugeln, deren an einem Gradbogen genau gemessen werden kann) bi ner gegebenen Entfernung von einander abstehen, so leicht finden, wie weit sie von einander abstehen würde die Menge von E. in der Flasche oder Batterie auf d reducirt würde. Zu diesem Behuf nehme man zwei l

ıder an Gestalt, Gröfse der Belegung und Dicke des gleich als möglich sind, und lade die eine so weit, bis ɜln zu einer bestimmten Entfernung von einander abste- ɪile ihre E. der andern mit und beobachte bis zu wel- fernung die Kugeln nach dieser Mittheilung von ein- stehen. Es ist klar, dafs, wenn die Flaschen einander nen gleich sind, dieses gerade die gesuchte Entfernung ɪrde, weil in diesem Falle die rückständige Quantität n der ersten Flasche nach geschehener Mittheilung ge-) so grofs wie zuvor seyn wird. Da man aber nicht n kann, dafs die beiden Flaschen einander ganz genau ind, so wiederholt man den Versuch, indem man nach- zweite Flasche eben so stark wie zuvor die erste ladet, mit der ersten theilt, und abermals beobachtet, wie Kugeln von einander abstehen, wo dann das Mittel beiden Entfernungen unstreitig der Grad der gesuchten ng seyn wird, wenn auch die beiden Flaschen nicht von Gröfse waren. Will man nun nach Cavendish's Bei- lie Capacität einer solchen Reihe von Flaschen verglei- weise mit jener oder irgend einer beliebigen Ladungs- die gleichsam zur Einheit dient, bestimmen, so ladet selbe, bis die Kugeln des Elektrometers jene erste Ent- zeigen, und theilt ihre Ladung wiederholt jener Platte obei man Sorge tragen mufs, die Platte jedesmal zuvor men entladen zu haben, ehe man eine neue Mittheilung nt, bis man aus dem Abstande der Kugeln des Elektro- wahrnimmt, dafs die Ladung der Batterie auf die Hälfte ist. Gesetzt man habe diese Mittheilung zwischen 11 mal, oder nach ungefährer Schätzung $11\frac{1}{4}$ mal nehmen , so läfst sich die Quantität von E. in jener Reihe von n so finden. Die Quantität der E. in der Platte verhalte derjenigen in der Reihe von Flaschen $= x : 1$, so ist euchtend, dafs die Quantität der E. in der Batterie bei je- ger Communication mit der Platte in dem Verhältnisse $(1 + x)$ vermindert, und folglich nach $11\frac{1}{4}$ maliger Com- tion in dem Verhältnisse von $1 : (1 + x)^{11,25}$ reducirt seyn Demnach ist $(1 + x)^{11,25} = 2$ und $1 + x = 2^{\frac{1}{11,25}}$, wor- r Werth von x durch Logarithmen leicht gefunden wird. ichterer Weg der Berechnung, der für den dabei beab-

sichtigten Gebrauch ein hinlänglich genaues Resultat gie folgender: Man multiplicire die Zahl, wie oftmals man di Batterie der Platte mittheilte, mit 1,444 und ziehe von dem P den Bruch $\frac{1}{4}$ ab, der Rest ist $= \frac{1}{x}$, oder die Zahl, u viel mal die E. in der Batterie die der Platte übertrifft.

h. So wie man die Ladung einer Flasche unter p durch die Entladung theilen kann, so kann man auch d schen wechselseitig vollkommen durch einander entladen. man zwei so viel möglich gleich grofse Flaschen gleich st laden hat, doch mit entgegengesetzter E. ihrer inneren Be gen, indem man den Knopf der einen mit dem ersten, den Knopf der andern mit dem Leiter des Reibzeugs in Verb setzte, und man führt nun, nach vorgängiger leitender Verb der äufseren Belegungen unter einander, den isolirten Auslad Knopfe der einen zum Knopfe des andern, so wird in der Schlagweite eine Entladung mit der gewöhnlichen Explosio finden, und beide Flaschen werden zugleich entladen seyn, achtet bei keiner derselben eine leitende Verbindung vo inneren zur äufseren Seite statt gefunden hat. Würde ma sen Versuch auf dieselbe Weise bei denselben Flaschen, bei gleichartiger Ladung der gleichnamigen Belegungen so würde man keine Entladung erhalten, die aber sogl finden wird, wenn auch bei vollkommener Isolirung bei schen eine leitende Verbindung durch den Auslader zwi dem Knopfe der einen Flasche und der äufseren Belegu andern, und zugleich auch zwischen dem Knopfe dieses teren und der äufseren Belegung der ersten gemacht wird.

i. Die leitende Verbindung zwischen beiden Seiten de sche, der Verbindungskreis, braucht eben nicht aus eine zigen ununterbrochenen Leiter zu bestehen. Man kann ih lang machen und mancherlei Körper hinein bringen, ja Nichtleiter, wenn nur die Ladung stark genug ist, um de derstand, welchen diese leisten, zu überwinden. Es lass überhaupt auf das Verhalten der E. bei diesem Strebe Ausgleichung zwischen den el. Zuständen beider Belegur Beziehung auf einander und ihre Gegensätze in den um den Leitern alle die Gesetze anwenden, die in dem A *Blitz* für die Ausgleichung der E. der Gewitterwolke mit relativen Gegensatze auf dem Erdboden aufgestellt worde wobei diejenige Seite, von welcher die Ladung ausgegan

welcher die freie el. Spannung auftritt, als das Analogon
ritterwolke selbst zu betrachten ist. Der Schlag nimmt
i der Entladung der Flasche, wie bei derjenigen der Ge-
olke, stets den Weg durch die besten Leiter, durch die
dem wenigsten Widerstande zu seinem Ziele der Aus-
ıg gelangt. Sind daher mehrere Verbindungen vorhan-
vertheilt er sich selten unter alle, sondern zieht z. B.
allische oder die durch feuchte Körper gehende vor, zu-
nn sie zugleich die kürzeste ist. Vor mehreren Jahren
man zu Paris[1] die Beobachtung gemacht haben, daſs
urch einen Kreis von mehreren Personen nach der oben
angegebenen Weise der Schlag geleitet wird, die Fort-
durch impotente Personen, wenn sie sich in dem Kreise
n, aufgehalten werde, allein Versuche, welche der Graf
s mit Castraten der Oper anstellen lieſs, haben den Un-
hiervon gezeigt. Uebrigens hat man selten Beispiele von
en, welche zwar den el. Schlag durch sich hindurch auf
Personen überleiteten, aber selbst ganz unempfindlich
waren[2].

tatt einer Reihe von Personen kann man eine groſse Aus-
ng von Metalldraht, das Wasser eines Flusses, oder ei-
ngen Strich des Erdreichs zu einem Theile der Verbin-
zwischen den beiden Belegungen machen. Dahin gehö-
INKLER's Versuch im Apel'schen Garten zu Leipzig den
li 1746[3], wobei drei Flaschen in der Pleiſse standen,
entladen wurden, wenn man die Verbindungskette drei-
len weit davon ebenfalls in den Fluſs hing, und das an-
nde an den mit den Flaschen verbundenen Conductor
, Le Monnier's Versuche in Paris[4], der die Erschüt-
durch einen Draht von 12000 Pariser Fuſs, wobei wir
die Angabe der nähern Umstände des *ersten* Versuchs
sen, und in einem andern Falle über die Oberfläche des
ı Bassins in den Tuilerien leitete, vor allen aber die Ver-
welche Watson in Gesellschaft mit mehreren Mitgliedern
öniglichen Gesellschaft zu London im Jahre 1747 und 1748

Sigaud de la Fond Précis historique et expérimental des
nènes électriques. Paris 1781. 8. p. 285.
G. XIV. 143.
Priestley's Geschichte der E. S. 59.
Ph. Tr. Vol. XLIV. P. I. p. 290.

anstellte [1]. Erst wurde die Erschütterung quer über die T dann durch die Windungen eines Flusses, dann durch ein bindung von vier englischen Meilen, nämlich zwei Draht und zwei Meilen trockenen Erdboden, endlich am gust 1748 durch eine Strecke Draht von 12276 Fuſs ode als 2½ englische Meilen geleitet. Diese beiden letzten V waren besonders interessant, da sie nach der Art, wie gestellt wurden, die auſserordentliche und, so weit b die Versuche gehen, instantane Schnelligkeit der Fort der E. in das hellste Licht setzen [2]. In dem Versuche, i chem der trockene Grund mit in die Verbindung aufge war, wurde der eine mit dem äuſsern Belege der Flas dem sie ladenden Conductor verbundene Draht, eine Me bis zu dem einen Beobachter, und der andere Draht, i chem sich ein kurzer eiserner Stab befand, mit welche Berührung des Drahtes der Flasche die Entladung gemacht zum andern Beobachter geleitet, welche selbst auf Harz isolirt mit der einen Hand jeder das Ende des Drahtes an und mit einem eisernen Stabe in der andern Hand den berührten, der in einer Strecke von zwei englischen M kürzeste Entfernung zwischen ihnen bildete. Die beide waren bloſs durch trockene hölzerne Stäbe getragen, d Draht ging selbst über Hecken und an Bäumen vorb zwischen beiden Beobachtern befindliche Grund war zu steinig und bei dem damals warmen Sommerwetter sehr t In dem Augenblicke da die Entladung erfolgte, so weit l Entfernung der Beobachter vom Orte der Entladung dies annäherungsweise bis auf weniger als ½ Secunde mit Si ausmitteln lieſs, fühlten auch die beiden Beobachter die Erschütterung, doch derjenige, dessen Draht in mehrfac leitender Berührung sich befand, weniger heftig. Der Versuch [3] war aber ganz entscheidend für eine instantan leitung durch eine Strecke von mehr als 6000 Fuſs. Hier nämlich der eine Draht an das äuſsere Beleg befestigt, i einem an das Zimmer, in welchem der Versuch gemacht

---

1 Ph. Tr. Vol. XLV. for 1748. p. 49. auch Priestley's Ge der E. S. 71 f.

2 Vgl. auch den Artikel: *Elektricität*.

3 Ph. Tr. Vol. XLV. p. 85 u. 491.

len Felde durch trockene Holzstäbe unterstützt, hin ınd mit seinem Ende in das Zimmer zurückgeführt, in ge von mehr als einer englischen Meile, eben so der raht, welcher durch Berührung des Drahtes der Fla- Entladnng bewirkte, und der Beobachter selbst, wel- im Zimmer neben der Maschine befand, faſste mit iden Händen die beiden Enden der Drähte. In dem ke der Entladung wurde auch die Erschütterung von iden Armen und durch die Brust empfunden — da- pfand er nichts, wenn die beiden Drähte mit einander ichte Berührung gebracht wurden und er wie zuvor e mit beiden Händen anfaſste, eben so wenig, wenn s Ende des einen Drahtes in der Hand hielt, in wel- le sich die Flasche auf eine andere Weise entlud, und var die Erschütterung ganz dieselbe und ging gleich- nur durch die beiden Arme und die Brust, und nicht Füſse, wenn der Beobachter auſserhalb vor dem Fen- dem feuchten Grunde stand, und übrigens auf gleiche lie Enden der beiden Drähte in seinen Händen hielt. [1] bemerkt nach einer kurzen Anführung der Versuche r's: „Es hat aber Volta [2] durch Versuche erwiesen, groſsen Verbindungskreisen die E. nicht in einem un- chenen Strome durch den ganzen Kreis geht, daſs viel- le Seite ihren besondern Strom erregt und ihre E. den Leitern abgiebt. Dem zufolge entstand in jenen frei- täuschenden Versuchen des Dr. Watson der el. Schlag m Ende für sich und ohne Zusammenhang mit dem an- de, wobei das Unbegreifliche dabei auf einmal ver- et." Wir müssen dagegen erinnern, daſs auch bei An- er Richtigkeit der Volta'schen Behauptung das Unbegreif- vas ohne Zweifel in der Schnelligkeit der Fortpflanzung dem Beschränktbleiben auf einem so bestimmten Weg oll, dasselbe bleibt. Volta [3] stützt sich zum Erweise ehauptung auf eine nähere Betrachtung und Erörterung

---

Wörterbuch II. 297.

Rozier Journal de Physique 1779.

Opuscoli scelti sulle science e sulle Arti. Milano 1778. p. 4 u. 5. übers. in Alex. Volta's Schriften über E. u. Galv. Nasse. Halle 1803. S. 67—77.

des Vorgangs bei der E·ladung einer L[?]ner Flas
einen Kreis z. B. von mehreren Personen, wovon d
einem Ende der Reihe, die wir mit O bezeichnen w
äufsere Belegung anfafst, während die äufserste a
Ende, A den Knopf berührt. VOLTA, die Sprache d
lin'schen Theorie gebrauchend, bemerkt nun, dafs i
ben untheilbaren Augenblicke, in welchem in die Pe
dem Kopfe E. überzuströmen anfängt, auch aus O g
E. in die äufsere Belegung übergehe, und zwar auf
der eigenen E. von O, weil in demselben Augenbli
die Spannung auf der innern Belegung auch nur durc
hung des kleinsten Quantums von E. durch den be
Finger abnimmt, auch die äufsere Seite sogleich in
Negativität gegen die umgebenden Körper auftritt, w
also von ihrer Seite wieder positiv gegen sie verhalten
lich von ihrer eigenen E. ihr abgeben müssen. Diese
wird O von der Person, die zunächst mit ihr verbunde
setzen, und so wird diese, vermöge dieser Mittheilung
falls einen Schlag empfinden, eben so wird sich der S
A auf die mit ihr zunächst verbundene Person B verbre
diese demnach gleichfalls den Schlag empfinden, und
und von A aus von beiden Seiten nach der Mitte hin.
ist eben so einleuchtend, dafs so wie O E. an die inn
gung abgegeben hat, es seinen Verlust nicht blofs aus
sten Person, sondern auch aus dem Erdboden erset
weswegen dann aus der zunächst angrenzenden Pers
weniger in O übergehen mufs, als aus O in die äuf
und so verhältnifsmäfsig im Fortgange nach der Mitte z
mend. Eben so wird die aus dem Knopfe ausströmend
auch noch andern Leitern mittheilen, mit denen A in
dung steht, und nicht blofs in die nächste Person i
Damit stimmen nun die Erscheinungen bei der Mitthe
ner Erschütterung an einen Kreis von mehreren Pers
gut überein, nämlich dafs, abgesehen von der subj
schiedenen Empfindlichkeit für den Schlag, die stä
schütterung von den an den beiden äufsersten Enden
chen Personen und nach der Mitte zu stufenweise s
empfunden wird, was nach beiden Theorieen Schw
machen würde, wenn blofs die Ausgleichung inne
nächsten Verbindungskreises erfolgte. Auch der Umst

n Falle alle Personen zugleich in den Fufsgelenken eine
erung empfinden, beweiset die Ausgleichung der E.
elegungen nach allen Seiten bei einem mehr ausge-
Leiter, wo die Ausdehnung dieses Leiters selbst als
ernifs wirkt. So gegründet nun auch diese Bemerkun-
und für sich sind, so bleibt es doch keinem Zweifel
fen, dafs in den oben angeführten Versuchen WAT-
ne Leitung der E., wie man sich dieselbe auch vor-
vill, worüber die Theorie erst das Nähere anzugeben
die Beobachtung wenigstens in einem untheilbaren Au-
und instantan von beiden Seiten durch eine Länge
igstens 6000 Fufs sich erstreckt habe, weil der Beob-
welcher sich wirklich in dieser Entfernung befand, da
nden der beiden Drähte hielt, in dem Augenblicke der
ig auch die Erschütterung empfand. Auch ergiebt sich
Prüfung dieser Versuche, dafs, wenn der Verbindungs-
s so guten Leitern, wie die Metalle sind, besteht, und die
ler E. die nach Ausgleichung strebt, nicht so ansehnlich
Leitung von einer Belegung zur andern, oder die Aus-
ng selbst bei so grofsen Strecken so gut wie ausschlie-
n einem solchen Kreise geschieht, und nicht davon ab-
selbst wenn die Isolirung des Drahtes nicht vollkom-
Nur dann, wenn die Isolirung sehr unvollkommen
d der Ausgleichung dadurch Nebenwege eröffnet sind,
nn bei wenig ausgedehnter Leitung die Menge der sich
enden E. sehr ansehnlich ist, erstreckt sich die Aus-
g und die davon abhängige Erschütterung auch noch
nächsten Kreis von Leitern von einer Belegung zur
inaus. So empfindet man bei der Entladung einer sehr
Flasche, noch mehr einer Batterie, selbst durch einen
von dickem Messingdrahte, den man in der Hand
ne leichte Erschütterung in dieser. Daher kommt es
afs, wenn man eine Kette mit der äufsern Seite einer
n Flasche verbindet, und diese auf die gewöhnliche
urch den Auslader entladet, diese Kette, die doch kein
bares Glied der leitenden Verbindung zwischen den bei-
gen ausmacht, dennoch im Dunkeln leuchtet, d. h.
zwischen ihren Gliedern zeigt, ja selbst dann, wenn
nicht unmittelbar in Berührung mit der äufsern Seite
che, sondern nur nahe dabei befindet, in welchem

Falle man im Augenblicke des Ausladens einen Funken z
der Flasche und dem nächsten Ende der Kette sehen w

k. Dieser sogenannte seitwärts gehende Schlag,
die zuletzt erwähnte Erscheinung bezeichnet, hat abe
einer andern Form, unter welcher man ihn darstellen k
nen Grund in dem Umstande, daſs wenn sich die E.
Leiter ausgleichen, dessen Capacität, verglichen mit d
der Flasche, nicht überwiegend ist, die Ausgleich
Null E. giebt, sondern sich stets ein Ueberschuſs vo
der Beschaffenheit der E. derjenigen Seite, von we
Ladung ausging, zeigt. Man setze eine geladene F
den Tisch, isolire einen starken metallenen Stab und
so, daſs er mit einem Ende die äuſsere Belegung de
berührt, und richte ungefähr einen halben Zoll weit
nem andern Ende einen Körper auf, der etwa 6 od
lang und wenige Zoll breit ist. Man lege ferner eine
den Tisch, so daſs das eine Ende derselben etwa
der Belegung der Flasche absteht, befestige das ande
den einen Knopf des Ausladers und entlade dann du
herung des andern Knopfes die Flasche. In dem A
der Entladung wird sich zwischen dem isolirten Stabe
ker Funken zeigen, der aber den el. Zustand diese
nicht verändert. Aus diesem letzteren Umstande zog
sonderbaren Schluſs, daſs dieser seitwärts gehende Fu
der Belegung der Flasche komme und in demselben Au
wieder in sie zurückkehre. Indessen hat Cuthbertso
eine Reihe zweckmäſsig angestellter Versuche das Ir
Ansicht hinlänglich nachgewiesen. Er hat zur genau
suchung dieses Phänomens eine eigene Vorrichtung a
mittelst welcher er durch jenen seitwärts gehenden Fu
kleine Flasche ladete, und zwar wurde sie positiv
wenn die gröſsere Flasche inwendig positiv, negativ
wenn dieselbe inwendig negativ geladen war. Auch
der Schlag stärker, wenn mit der innern Belegung
von mehr Oberfläche verbunden wurde, z. B. wenn
gröſsere Flasche statt des Knopfes mit einer groſsen
Kugel versah. Cuthbertson leitete diese Ladung d

1 Abhandlung von der Elektricität 5te Forts. S. 203.

gehenden Schlag richtig von jenem Ueberschufs von — E ab, welches die freie Spannung bildet.

Durch Nichtleiter geht die Erschütterung nicht, sie enn stark genug seyn, sie mit Gewalt zu durchbrechen, lezeit ein Funke entsteht. Wenn daher die Verbindung ne Reihe nicht ganz zusammenhängender, sondern nahe der stehender leitender Körper gemacht wird, so entrischen jedem Paare dieser Körper ein Funke, weil ie Luft daselbst durchbrechen mufs. Hierauf gründen lei Spielwerke, von denen schon im Artikel: *Elektri-* Gelegenheit des el. Funkens im Allgemeinen die Rede ist. NOLLET ist der Erfinder hiervon, SIGAUD DE LA GUYOT[2] u. a. haben die dabei zu beobachtenden Vorumständlich angegeben. Das Wesentliche hiervon wird Genüge aus der Abbildung des sogenannten Kometen es Sterns mit langem sich allmälig erweiterndem Schweife en können. Die ganzen Linien c, c, c,.... stellen höchst reifen von Stanniol dar, die auf eine lange, verhältnifsschmälere, Glastafel, oder wenn man eine gröfsere beabsichtigt, auf zwei oder mehrere durch einen Rahmen nder gefügte Glastafeln mit Hausenblase geklebt sind, t einem feinen Federmesser an den gehörigen Stellen so hnitten sind, dafs die Zusammenstellung der dadurch en Unterbrechungen auf dem Glase die beabsichtigte Fies Kometen darstellt, zu welchem Behufe begreiflich die tanniolstreifen selbst schon auf eine passende Weise aufı seyn müssen, wie die Figur selbst deutlich genug zeigt. ie Zwischenräume mit einem Kreuze bezeichnet sind, bildet Figur des Sterns; die einfachen Streifen e, e, e, mit denen izontalen Linien durchschnitten sind, bilden zusammen weif. Das Ganze wird mit Firnifs überzogen. Indem ladung in einem untheilbaren Augenblicke durch alle wischenräume in Form von kleinen Funken hindurchwerden sie auf einmal erleuchtet, und stellen einen kigen Stern mit einem sich nach unten mehr und mehr nden Schweife dar, den man nach Belieben auf 2, 3

F. 5

Geschichte der medic. und physik. E. von Kühn. 1ster Theil. 1783. gr. 8. S. 240.

Physik. und mathem. Belustigungen Th. IV. S. 301—310.

und mehrere Fuſs verlängern kann. Die Hauptsach besteht darin, daſs auf dem Wege durch die ganze Lä Stanniolleitung nirgend eine Stelle sich finde, wo der ken durch Ueberspringen auf dem geradesten und Wege weniger Widerstand finde, als auf dem langen die Summe mehrerer kleiner Zwischenräume Hemm gegengesetzt, daſs also z. B. in jenem Kometen n vo hinlänglich entfernt sey, um mehr Widerstand zu lei in der Summe der kleinen Zwischenräume, deren Zah mitgetheilten Schema 14 beträgt, liegt, die zur Hervo der Figur eines Sterns erforderlich sind. Es lassen Stanniołtafeln, welche auf Glasplatten aufgeklebt sind einfache Vorrichtungen in gleichen Zwischenräumen seh Streifen ausschneiden, so daſs von der Stannioltafel nur einander parallele Streifen, zwischen denen eben so durch jenes Ausschneiden von ihrem Stanniol befrei streifen sich befinden, zurückbleiben, die man an ihre Enden durch kleine Stückchen Stanniol mit einander v um durch die ganze Länge aller Stanniolstreifen eine brochene Leitung zu haben, worauf man dann mit ei nen Federmesser beliebige Schnitte durch die Stanni macht, die in ihrer Zusammenstellung jede Art von Ge nen Namen, ein Portrait, eine Blume, ein Gebäude schaft u. s. w. darstellen können, und bei der Entladu Flasche im Dunkeln das verlangte Bild im schönsten feuer erscheinen machen. Indeſs ist zu allen diesen V auch der Funke aus dem ersten Leiter einer kräftiger sirmaschine hinreichend.

m. *Die Selbstentladung* einer Flasche beruht ebe einem solchen Durchbruche durch Nichtleiter. Sie auf doppelte Art: auf die eine Art längs dem unbelegt der Flasche mit einem starken, gewöhnlich gesch Funken, der am Glase seine deutliche Spur zurückläſs dasselbe in der ganzen Richtung des Funkens sein verloren hat, so daſs die Gestalt des Funkens in einer Fluſsspathsäure in das Glas eingeprägten Zeichnung ist. Gewöhnlich geht dieser Selbstentladung ein wi Leuchten und Blitzen im Innern der Flasche an de Rande der Belegung voran. Die andere Art der Selbst ist mit einem Durchbruche durch das Glas verbunden

ichter bei dünnem Glase statt, besonders wenn die dabei sehr grofs oder mit mehreren andern zu einer verbunden sind. Durchgängig bemerkt man, dafs das sehr feines Loch hat, um welches auf beiden Seiten e des Glases in einem Umkreise von einer oder zwei n Durchmesser gleichsam zerrieben ist, wie wenn vom es Glases aus nach beiden Seiten eine mechanisch auf- e Kraft gewirkt hätte, und von diesem Mittelpuncte prung gehen dann gewöhnlich noch längere Risse nach lenen Richtungen aus. Wenn grofse Batterien entladen so findet man oft einige von den Flaschen zerbrochen, lie Gewalt des Schlages zersprengt hat. Um dieses zu rn, schreibt NAIRNE die Regel vor, dafs niemals eine durch einen guten Leiter entladen werde, ohne den s Ueberganges wenigstens 5 Fuls lang zu machen. Seit bachtung dieser Regel will NAIRNE eine sehr grofse gegen hundertmal entladen haben, ohne eine einzige zu zerbrechen, da doch vorher beständig einige zer- a waren [1]. Die Länge des Weges scheint hierbei durch derung der Stärke des Schlags zu wirken, da der Wi- d mit der Länge wächst und daher auch die Ausgleichung o schnell vor sich geht, und die Erschütterung dadurch r wird.

Wenn der Verbindungskreis durch unvollkommene Lei- . durch Stücke trockenen Holzes, durch inwendig ange- te Glasröhren u. dgl. unterbrochen wird, so entstehen h anhaltend schneidende Funken oder Büschel, die nicht tern, aber an dem Theile des Leibes, wo sie eindringen, chst widrige Empfindung verursachen. WOLF [2] hat diese r Entladung zuerst angewandt, um mit Batterien von n und kleinen Flaschen Schiefspulver zu entzünden. wird in eine kleine fingerhutartige Büchse von Elfenbein Buchsbaum geschüttet, in welche seitwärts Drähte ge- bt sind, die in dem Schiefspulver etwa eine halbe Linie inander abstehen, und in den Entladungskreis, von wel- diese Vorrichtung einen Theil ausmacht, wird mittelst

---

Cavallo I. 170.

Magazin für das Neueste aus der Physik u. s. w. v. Lichten- I. Bd. 2tes St. S. 70.

metallener Häkchen, die sie an beiden Händen hat und die am bequemsten durch Körke in ihr befestigt, eine Glas gebracht, deren Wände überall durch ein paar Tropfen W befeuchtet sind. Viele Jahre später sind diese Versuche als neu von den Engländern LECTHWEITE [1] und WOODWA bekannt gemacht, und durch einige neue Erfahrungen mehrt worden. Das Merkwürdige in diesen Versuchen ist, derselbe Schlag einer grofsen Flasche oder Batterie, wenn selbe durch blofs metallene Leiter entladen wird, das Sch pulver blofs zerstreut, ohne es zu entzünden. Die von L WEITE gebrauchte Flasche hatte einen Quadratfuſs Be und entlud sich von selbst, wenn das Quadrantenelekt auf 90° zeigte. Die angewandte Glasröhre war 6 Zoll und hatte 0,3 Zoll im Durchmesser. Sie war mit zwei K stöpseln geschlossen, durch welche Drähte gingen. a die Röhre mit Wasser gefüllt, so entzündete sich das Sch pulver bei 60° Ladung der Flasche, nicht aber bei einer sch chern. b. Bei der Füllung der Röhre mit Schwefeläther folgte die Entzündung nicht eher als bei 60°, bei der Anfüll mit Alkohol aber schon bei 30°. c. War endlich die Röhre Schwefelsäure oder Salzsäure gefüllt, so erfolgte die Ent dung nie, auch wenn die Flasche bis auf 80° gelade WOODWARD bemerkte, dafs eben so wenig Entzündung Schiefspulvers zu bewirken war, wenn die Leitung durch thierischen Körper ging, oder durch Wasser, das nicht in Röh ren eingeschlossen war, und er erklärt sich dieses letztere da aus, dafs das Wasser uneingeschlossen in Röhren dem Durch gange der E. keinen hinlänglichen Widerstand leiste. Indessen mufs diese Behauptung beschränkt werden, da, wie mich gene Versuche belehrt haben, und SCHWEIGGER gleichfalls funden hat, die Entzündung gleichfalls öfters gelingt, wenn die metallische Leitung durch einen nafs gemachten Strick terbrochen wird [3]. Diese Versuche über die Entzündung des

1 Journal of Science, Litter. and the Arts 1821. XXII. 3 und daraus in Schweigg. J. N. R. XIV. 121. und G. LXIX. 372.

2 Annals of Philosophy 1820. S. 283. und in Schweigg. J. N. XIV. 121. Vgl. Sturgeon in Phil. Mag. LXIII. 445.

3 Nach MUNCKE Anfangsgründe der Naturlehre S. 264. erfolgt die Entzündung durch einen im Leitungskreise befindlichen nassen Bindfaden unfehlbar.

pulvers unter den angegebenen Umständen sind übrigens lich geeignet, das Leitungsvermögen verschiedener Flüsen vergleichungsweise zu bestimmen, in welcher Rückh auf dieselben unter dem Artikel: *Leiter* wieder zurückn werde.

s lassen sich mit der Leidner Flasche ungemein viele bele und unterhaltende Versuche anstellen. Verzeichnisse Beschreibungen derselben findet man bei CAVALLO[1], s[2], DONNDORF[3], CUTHBERTSON[4], MAINGOSUS GÄLLE[5], R[6], u. a. Die stärksten Wirkungen erfolgen aber, wenn re Flaschen mit einander verbunden, und zusammen entwerden[7]. Von den merkwürdigsten Wirkungen des Entgsschlages werde ich unter dem Artikel: *Schlag, elektri-* noch ausführlich handeln, und nur am Ende dieses Artidiejenigen Versuche einer näheren Erörterung unterwerfen, e man für vorzüglich entscheidend für die streitige Frage, en elektrischen Erscheinungen nur eine oder zwei el. Ma- (el. Erregungen) zum Grunde liegen, angesehen hat.

II. Geschichte des Leidner Versuchs.

Schon der Engländer STEPHAN GRAY fühlte im Jahre 1735, r sich mit Ausziehung elektrischer Funken aus dem Waseschäftigte, die Erschütterung der verstärkten E.[8]. Da er die Bemerkung nicht weiter verfolgt hat, so kann man ihn als den Erfinder dieses merkwürdigen Versuches ansehen. Die Ehre, eine so wichtige Entdeckung gemacht zu haben, alle Naturforscher in Erstaunen setzte, und dem Studium

---

1 Vollst. Abh. der Lehre von der E. Leipzig 1797. 1ster Band Theil, 7tes u. 12tes Kap.

2 Versuch über die Elektricität a. d. E. Leipzig 1785. p. 8. Kapitel.

3 Lehre von der E. I. Bd. S. 344 f. II. Bd. Kap. 19. S. 825.

4 J. Cuthbertson vollst. Abh. der theor. und prakt. Lehre von E. a. d. E. von Baumann. Leipzig 1797. 2ter Bd. gr. 8.

5 Beiträge zur Erweiterung und Vervollkommung der Elektricihre. Salzb. 1813. 2 Vol. 8.

6 G. J. Singer Elemente der Elektricität und Elektrochemie. rs. von C. H. Müller. Berlin 1819. 5tes Kap. S. 62 f.

7 S. *Batterie, elektrische.*

8 Ph. Tr. No. 436. J. D. TILIUS de electrici experimenti Lugdunenaventore primo. Witteb. 1771. 4.

der E. ein neues Leben gab, gehört unstreitig einem deut
Prälaten, v. Kleist, Dechanten des Domcapitels zu Cam
Pommern, welcher am 11ten Oct. 1745 die verstärkte E. e
entdeckte, am 4ten November darauf dem Dr. Lieberkün
Berlin, am 28. Nov. dem Prediger Swierlick in Danzig
bald darauf dem Professor Krüger in Halle Nachricht d
gab, welche der erste der Berliner Akademie der Wissens
ten, der zweite der Danziger naturforschenden Gesellschaft
theilte, und der dritte[1] schon 1746 drucken liefs. Diese N
richten enthalten Folgendes. „Wenn ein Nagel oder
messingener Draht in ein kleines Arzneyglas gesteckt und
trisirt wird, so erfolgen besonders starke Wirkungen.
Gläschen mufs recht trocken oder warm seyn. Man k
vorher mit Kreide reiben. Thut man ein wenig Queck
oder Wasser hinein, so geht alles noch besser von statten.
bald das Gläschen von der elektrischen Röhre weggen
wird, so äufsert sich der leuchtende Strahlenbüschel, und
kann mit dieser brennenden Maschine über 60 Schritte w
Zimmer herumgehen. Wird während dem Elektrisiren der
ger oder ein Stück Geld an den Nagel gehalten, so ist der
ausfahrende Schlag so stark, dafs Arme und Achseln d
schüttert werden. Eine isolirte Röhre läfst sich dadurch
stärker elektrisiren, als unmittelbar durch die Kugel. W
Conductor elektrisirt, der im Gläschen befindliche Nagel d
gehalten, und mit dem Elektrisiren fortgefahren, so sollte
kaum glauben, in welche Stärke die Elektricität gesetzt we
Ist das Gläschen niedrig, dafs sich die Finger in der gehö
Weite befinden, so schlägt der Funke von selbst aus dem
gel auf den Finger zu. Dünnhälsige Gläser sind ein p
durch den heftigen Schlag zersprengt worden" u. s. w.
sieht, dafs hierbei das Glas wirklich geladen war, wob
hineingegossene Wasser oder Quecksilber die innnre, die
gelegte Hand aber die äufsere Belegung ausmachte. Man
mühte sich in Danzig den Versuch nachzuahmen, und G
lath war der erste, dem er gelang, jedoch erst, nach e
tener ausführlicher Anweisung durch v. Kleist, welche 1
öffentlich bekannt gemacht wurde.

---

1 Krüger's Geschichte der Erde. Halle 1746. 8. S. 177 f.

2 Abh. der naturf. Gesellschaft in Danzig Th. I. 1747. 4. S

Anfang des Jahres 1746 schrieb MUSSCHENBROEK aus an RÉAUMÜR, er sey auf einen schrecklichen Versuch ı, mit einer Erschütterung, der er sich nicht für die 'rankreichs zum zweitenmal aussetzen möchte; ALLA- ebenfalls Professor in Leiden, wiederholte dieses in riefe an NOLLET, und im Februar auch in einem eige- satze[1]. Der Abt NOLLET nannte daher die Entdeckung *dner Versuch*, welchen Namen sie auch behalten hat, leich weit richtiger der *Kleist'sche Versuch* heifst. Man Frankreich an, MUSSCHENBROEK für den Erfinder zu als' ALLAMAND noch im Jahre 1746 sowohl an NOLLET RALATH meldete, die erste Entdeckung gehöre eigent- em angesehenen Privatmanne CUNAEUS zu, der schon fälliger Weise darauf gekommen sey. Es ist nicht heinlich, dafs dieser Mann etwas von der Entdeckung tschen Prälaten gewufst habe; inzwischen bleibt diesem ı unstreitig das Verdienst der ersten Erfindung und Be- achtung.

IUSSCHENBROEK erzählt, er und sein Freund hätten dar- dacht, elektrisirte Körper, weil sie an der Luft die Elek- bald verlören, zu isoliren, und hätten daher Wasser in en Flaschen durch einen mit der Maschine communiciren- aht elektrisirt. Dabei habe er, als er eine solche Flasche einen Hand gehalten, und mit der andern Hand den ron der Maschine habe losmachen wollen, einen schreck- Schlag in seinen Armen und der Brust bekommen, den › bei wiederholtem Versuche ebenfalls empfunden hätten, on dessen Wirkung auf den Körper sie fürchterliche Be- ungen machen.

iese Nachrichten erregten ein unbeschreibliches Aufsehen achten die E. zum Gegenstande der allgemeinen Unter- . Der Kreis der Erfahrungen über die Leidner Flasche erte sich eben darum so schnell, weil in allen Gegenden ıysiker sich damit beschäftigten. GRALATH in Danzig ner der ersten, welcher der Erfindung etwas Bedeutendes te. Er vertauschte Gläschen, Nagel und Weingeist mit grössern Flasche, einem Drahte mit der Kugel und mit r, zeigte schon den 20. April 1746 einen Verbindungs-

[1] Mém. de l'Acad. des Sciences 1746. p. 2.

kreis von 20 Personen, erfand die Batterie, und entd Unmöglichkeit zersprungene Flaschen zu laden, desgle sogenannten Ueberrest der Ladung. Winkler in dem die Erschütterung sehr empfindlich gewesen war, eher sogar ein hitziges Fieber davon zu erhalten hatte[1], erfand eine Veranstaltung, eine unvollkommen Lane'schem Ausladeelektrometer, die Explosion von beobachten, und stellte die eben angeführten Versuche bei ein Theil der Pleiſse in die Verbindung gebracht w meisten Experimente aber hat Dr. Watson in de 1746, 1747 u. 1748[2] hinzugefügt. Er fand, daſs d des Schlags nicht von der Menge der Materie (des Wa Schrots) in der Flasche, sondern bloſs von der Gröſse che, die sie berührt, abhänge, und daſs dasselbe au äuſsere Fläche in Beziehung auf die sie anfassende Ha welches dem Dr. Bewis die Veranlassung gab, die mit Zinnfolie (er nahm zuerst Bleiplatten) zu erfinden, mals schon Silberblättchen sowohl zur Belegung von als von Glasplatten zu gebrauchen[3]. Er gab zuerst ein rung des räthselhaften Phänomens der Ladung, un 1747 und 1748 die in's Groſse gehenden Versuche Verbindungskreise und die Geschwindigkeit des Schl Wilson[4] tauchte die Flaschen auch von auſsen in entdeckte das wahre Verhältniſs der Stärke des Schlags wahr, daſs derselbe den Weg wähle, bei dem er am sten Widerstand antrifft, bemerkte die Lateralexplosion

In Frankreich stellte der Abt Nollet die ersten V an, entdeckte zufällig, daſs eine luftleere Flasche alle einer belegten leiste, machte Verbindungskreise von 18 nen, die sich mit eisernen Drähten verbanden und ein kreis von 900 Toisen bildeten, und tödtete zuerst durch den Schlag. Le Monnier fand, daſs die Lad

1 An Extract of a Letter etc. in Ph. Tr. Vol. XLIV. P.

2 Vorzüglich in einem den 30. Oct. 1746 vorgelesenen u Tr. Vol. XLIV. P. II. p. 704. abgedruckten Aufsatze, so wie umständliche Beschreibung der Versuche über die Durchle Erschütterungsschlages durch groſse Strecken in Ph. Tr. V p. 49—98.

3 Ph. Tr. Vol. XLV. p. 104.

4 Ebend. Vol. IL. L. LI.

(bei kaltem Wetter 36 Stunden) in den Flaschen bleibe, sich noch vor Dr. Watson durch Versuche mit lan- indungskreisen hervor.

ngland sowohl als in Frankreich hatte man schon wahr- n, dafs isolirte Flaschen nicht geladen werden konn- dafs die Belegung geladener Flaschen leichte Körper- og, wenn man den Draht berührte, hingegen die- bstiefs, wenn man den Finger an die Belegung Diese Versuche hätten darauf führen können, dafs tricitäten beider Seiten entgegengesetzt sind; al- übersah dieses, und bildete sich ein, das elektri- dum ströme aus der Hand, oder den Leitern, die die von aufsen berührten, durch das Glas hindurch in die elegung. Indem also die Erklärung der Leidner Fla- europäischen Naturforschern ein Geheimnifs blieb, ver- sich auf einmal ein unerwartetes Licht darüber durch fe des Dr. Franklin in Philadelphia[1], wovon der Jahr 1747 erschien, und an Peter Collinson gerich- Dieser scharfsinnige Naturforscher war durch die Er- ngen, welche sich zeigen, wenn eine auf einem achen isolirte. Person eine Glasröhre reibt, und eine gleichfalls isolirte die Glasröhre berührt und nachher rsonen entweder eine dritte nicht isolirte oder sich un- nder berühren, bewogen worden, die beiden el. Zu- des Glases und Reibzeuges als Ueberflufs und Mangel r entgegen zu setzen und durch den Namen der positi- l negativen E. zu unterscheiden[2]. Da er nun bei sei- rsuchen mit der Leidner Flasche gewahr wurde, dafs Seide hängende Korkkugel von der äufsern Belegung gen werde, wenn sie nach vorhergegangener Berührung t der innern Seite verbundenen Drahtes von diesem ab- n wird, und dafs man durch den hierauf gegründeten h mit der el. Spinne die Flasche entladen oder die E. der Seite in die andere überführen könne, so folgte aus sei- wohl überdachten Grundsätzen von selbst, dafs bei der g die E. beider Seiten einander entgegengesetzt seyn müfs-

---

New exper. and observ. etc. in several letters to M. Collinson. 1751. 4.

S. den Art. *Elektricität*.

ten. Diese Entdeckung liefs ihn tiefe Blicke in das der Leidner Flasche thun, und ob er gleich bei sei noch vieles Willkürliche hinzufügen mufste, so er dieselbe alle damals bekannten Erscheinungen so de sie den entschiedensten Beifall der meisten seiner Z erhielt. Dr. Watson scheint der einzige gewes der unabhängig von Franklin aus ähnlichen Versuch Verhalten des Reibzeuges und der Glaskugel beim R verschiedenen Umständen gleiche Schlüsse auf ein A E. von dem Reibzeuge an die Glaskugel, und einen tstehenden relativen Mangel in jenem zog, doch ist die A die er davon auf die Erklärung der Leidner Flasc nicht klar und bestimmt[1], und namentlich vermoch Rechenschaft davon zu geben, warum zur Entladung bindung beider Belegungen durch Leiter der E. erford

Franklin's Theorie führte ihren sinnreichen E die Beobachtung vieler neuen Erscheinungen des La ladens und el. Schlages, die als unmittelbare Cons derselben hervorgingen und zu ihrer Bestätigung di auf die Erfindung einer zahlreichen Menge von s chen, so dafs das meiste, was noch jetzt über die sche vorgetragen wird, aus seinen Briefen geschöpft auf einmal den gröfsten Theil der vorigen Dunkel Lehre zerstreuten. Hierzu kamen noch seine ve Entdeckungen über den Blitz, die Wirkung der Spitz und die nützlichen Anwendungen derselben durch di leiter, die Beobachtungen der Luftelektricität, wov sem Wörterbuche unter besondern Artikeln gehand wird. Daher erregten seine Briefe mit Recht eine Bewunderung; nur einige französische Naturforscher, dere Nollet, widersprachen seiner Theorie, und be den Nutzen seiner Entdeckungen. J. C. Wilke[2] l diese Lehre im Jahre 1757 durch seine Versuche üb dung verschiedener anderer Nichtleiter, besonders Luftschicht. Verschiedene andere neue Versuche übe kungen des el. Schlages und die Erscheinungen des e welche zum Theil zur Bestätigung des Franklin'sch

1 Ph. Tr. Vol. XLV. for 1748. p. 93.

2 Schwed. Abh. 20ter Bd. S. 241.

e Entladung stets aus der positiven Seite in die negative dienen sollten, verdankt man in der nämlichen Zeit dem ECCARIA. Besonders klärte aber das von WILKE[1] und s[2] entdeckte Gesetz der elektrischen Wirkungskreise eorie der Leidner Flasche noch mehr auf, und WILKE lavon Gelegenheit, alles was bei der Ladung sowohl in ısflächen als in den Belegungen vorgeht, genauer zu unen[3], wozu er sich eines passenden Apparats aus einer tte bediente, deren Belegungen von derselben im isoustande abgezogen werden konnten. Diese Untersuchunvelche in der Hauptsache auch die Erfindung des Elektrontthielten, leiteten WILKE damals auf die Vermuthung, ch die Phänomene der Ladung aus der Hypothese von Materien, die er Feuer und Säure nannte, besser als LIN's erklären ließsen, welcher Gedanke durch die neuen kungen noch mehr bestätigt worden ist.

OLTA, einem standhaften Anhänger der Franklin'schen ie, gebührt vorzüglich das Verdienst, die Erscheinungen dung unter einen allgemeinen Gesichtspunct mit den veren Erscheinungen des Elektrophors und Condensators geund das so umfassende Gesetz, daſs ein elektrisirter r, wenn er den Zustand eines andern Körpers, der in Wirkungskreis kommt, verändert, dadurch selbst eine lerung leidet, und darin so lange beharret, bis der anörper aus seinem Wirkungskreise entfernt wird, in das Licht gesetzt und auf die Erklärung der mannigfaltigsten inungen glücklich angewandt zu haben[4]. In Deutschat LICHTENBERG[5] die Erklärung der Haupterscheinungen idner Flasche nach unbezweifelt erwiesenen Gesetzen der großser Klarheit und durch Bezeichnung der positiven E.

J. C. Wilke diss. de electric. contrariis. Rostock 1757.

Tentamen theoriae Electricitatis et Magnetismi. Petropoli 4.

Schwed. Abh. 1762. S. 213 u. 253.

Vorzüglich in der Abhandlung über den grofsen Vortheil eiır unvollkommenen Isolirung in dessen Schriften übersetzt von S. 95 f. auch in Ph. Tr. für 1782. p. I. und in Roz. Journ. de ne Tome XXII. und XXIII.

In der 8ten Ausgabe von Erxleben's Anfangsgründen der Natur-Göttingen 1794.

mit +, und der negativen mit — so vorgetragen, daſ mit der *Franklin'schen* sowohl als der *Symmer'schen* von zwei Materien gleich gut in Uebereinstimmung läſst. Der neuesten Zeit war es endlich vorbehaltn manche Erscheinungen der Leidner Flasche dem genau thematischen Calcüle zu unterwerfen, und dieses Ver sich vorzüglich Biot[1] erworben.

Auſser den angeführten Physikern haben noch me dere, insbesondere Cavallo, Henly, Nairne, Lord Adams, Cuthbertson, Nicholson, van Marum, de la Fond, Singer u. a. diese Lehre theils durch int Versuche theils durch Apparate bereichert, indeſs i entweder schon die Rede gewesen, oder sind diese E rungen nicht von der Wichtigkeit, um sie, ohne zu w zu werden, noch besonders hervorzuheben.

IV. Theorie der Leidner Flasc

Die unerwartete Entdeckung des Leidner Versuc die Naturforscher in nicht geringe Verlegenheit. Sie Nichtigkeit aller vorhergegangenen Theorien der E., u eine Erscheinung dar, die kein Physiker, vermöge d gangbaren Ansichten, hätte voraussagen können. In versuchte Nollet sogleich[2] seine Hypothese der gle gen Aus- und Zuflüsse[3] darauf anzuwenden. Er erklä nach die Erschütterung aus dem heftigen und doppelte der durch das Zusammentreffen der el. Ströme im mens Körper u. s. w. entstehe, wenn die Ausflüsse aus dem und der Belegung den Zuflüssen aus den beiden Hä Experimentators begegnen. Das Gefäſs müsse von G damit der Draht nicht gleich bei der Berührung der äuſse seine E. durch einen einfachen Funken verliere. Er be schlechterdings, es könne auch eine isolirte Flasche werden, denn seine Hypothese enthielt keinen Grund es unmöglich seyn sollte. Er leugnete beim Entladen d wendigkeit beide Seiten zu verbinden, und sah überl

---

1 Traité de Physique expérimentale et mathématique p. 382.

2 Mém. de l'acad. royale des Sciences. Année 1746. P

3 Vgl. *Elektricität*.

; blofs für Ueberfüllung mit el. Materie an, ohne die ngesetzten E. zu unterscheiden. Die ferneren Entdeckun- :llten das gänzlich Ungenügende dieser Theorie bald in llste Licht. NOLLET hat sie indefs mit einer fast un- :hen Hartnäckigkeit vertheidigt, und allen seinen Scharf- fgeboten, um die Schwierigkeiten zu heben, die ihm er neu erfundene Versuch entgegenstellte.

el glücklicher war FRANKLIN's Theorie in der Erklärung :dner Versuchs, und gerade der Umstand, dafs sie sich s Vollkommenste an alle Erscheinungen desselben an- gte, und dafs eine Menge von Versuchen, deren Erfolg näfs zum Voraus bestimmt worden war, diesen Erfolg auch so gaben, trug am meisten zu dem grofsen Beifalle en dieselbe allgemein fand, und bis auf den heutigen Tag ehreren Physikern noch findet. Der Hauptgedanke in Theorie ist, dafs die beiden Belege einer geladenen Leid- asche sich in einem Gegensatze von Ueberflufs und Man- finden, die im Verhältnisse gegen einander stehen, und ei der Entladung die Ausgleichung des Mangels durch den flufs den natürlichen el. Zustand wieder herstelle. Die g einer Flasche besteht demnach in der Anhäufung der E. r mit dem positiven Conductor in Verbindung stehenden welche aber nur unter der Bedingung erfolgen könne, ie äufsere Seite ihren natürlichen Antheil an E. abgeben , wodurch ein verhältnifsmäfsiger Mangel in ihr eintrete. wischen den beiden Belegungen befindliche Nichtleiter te sich hierbei zwar als undurchdringlich für die E., hin- ber nicht ihre Atmosphärenwirkung durch sich hindurch, ge welcher die E. auf der äufsern Belegung zurückgetrie- erde, sich in den allgemeinen Behältern verbreite und den :l zur Folge habe. Könne sich daher die Flasche ihrer E. r äufsern Seite nicht entledigen, wie in dem Falle, wenn ›lirt ist, so könne sie auch nicht geladen werden. Um- rt finde aber auch keine Ladung statt, wenn die Maschine olirtem Reibzeuge keine E. in das Innere der Flasche zu- ı könne. Als besonders entscheidende Beweise für seine rie sah FRANKLIN die Versuche an, dafs eine Flasche sich ısam durch ihr eigenes el. Fluidum lade, wenn man den II. f. beschriebenen Versuch anstellt, in welchem Falle ıs der äufsern Belegung abfliefsende E. durch das Reibzeug

bei der Bewegung der Elektrisirmaschine der äußern Seite zugeführt werde, ferner die Ladung einer Reihe von Fl an einander, wo die aus der äufsern Seite der einen F ausströmende E. sich auf der innern Seite der folgenden und durch die von ihr zurückgetriebene E. der äußern der zweiten Flasche die dritte Flasche u. s. f. lade. Die der Ladung einer Flasche war dieser Theorie gemäfs d Menge des natürlichen Antheils von E. im Glase selbst b mit dessen gänzlicher Austreibung auch keine weitere fung auf der innern Seite erfolgen könne. So richtig durch Franklin die wahre Beschaffenheit der Leidner in Rücksicht auf das entgegengesetzte Verhalten beider gungen erkannt, so sinnreich der Zusammenhang de mit den verschiedenen Bedingungen, unter denen bestimmt, und so genügend die Entladung durch di chung des Mangels der einen Seite durch den Ueb der andern Seite her erklärt wird, so war die Theori von Franklin selbst[1] vorgetragen wurde, noch w das Wesen und die Bedingungen der Ladungen m Strenge aus einem einfachen Principe zu erklären; gleichsam nur erst eine gröbere Analyse des ganzen der Ladung und Entladung dar, und es mufste erst ei Einsicht in die Lehre von den el. Wirkungskreisen Vertheilung gewonnen werden, die wir vorzüglich den gen Entdeckungen Volta's[2] verdanken, ehe die feiner lyse gegeben werden konnte. Ich theile diese vorzüglic Haüy's und Biot's Darstellung mit, lege dabei die du Theorie zum Grunde, wie sie unter dem Artikel Elekt ihren Hauptumrissen vorgetragen worden ist, bedien aber der Zeichen + und — für die positive und negati tricität und der Worte Binden und Freilassen bei den W gen der Vertheilung, weil sich diese Sprache auch rück die Franklin'sche Theorie leicht übersetzen läfst, inde die nachfolgende Darstellung nur die Fundamentalgesetz Vorganges festgehalten werden, mit welchen jede The Uebereinstimmung seyn mufs, wenn sie nicht ohne W verworfen werden soll.

1 S. Benj. Franklin's Briefe von der Elektricität. A Englischen übersetzt von J. C. Wilke. Leipzig 1758. 8.

2 S. *Condensator* und *Elektrophor*.

Es bezeichne D einen Theil des Conductors der Maschine, sey die eine to, sx die andere Belegung, und z die wodurch diese Belegung mit dem Erdboden verbunden er Vorgang der Ladung besteht nun allezeit darin, daſs von dem Conductor aus, durch welchen die Ladung be- wird, sich nach der Belegung, welche mit diesem Con- verbunden ist, hinbewegt, sich daselbst anhäuft, und r entgegengesetzten Seite nach den allgemeinen el. Ge- die gleichnamige zurücktreibt und die entgegengesetzte sich zieht, ohne sich jedoch wegen der Undurchdring- t des Glases mit ihr verbinden zu können. Das Nähere Vorganges ergiebt sich nun durch nachfolgende Analyse. ein Theilchen von + E (bei vorausgesetzter positiver g) was durch die Kette in irgend einem Zeitpuncte der g entweicht, N sey das Quantum von — E, das in die- ugenblicke der Oberfläche ox und P dasjenige von + E, r Oberfläche in angehört, das Theilchen p', während es ch die Repulsion von P nachgiebt, ist durch die Anzie- von N sollicitirt, welche dasselbe zurück zu halten strebt, nn die Repulsion von P das Uebergewicht hat, so muſs ntität P, da dasselbe überdies aus gröſserer Entfernung hältniſs der Glasesdicke wirkt, während N in unmittel- Berührung mit p' steht, oder das + mehr betragen als N ie Quantität des —. Andererseits streben die Theilchen, e das Fluidum N ausmachen, sich wegen ihrer Repulsiv- n fliehen. Diese Kraft ist aber durch die von P gebun- ler durch die Anziehung des P zum N aufgehoben, indem heilchen von P durch die Zahl das ersetzen, was sie von der Entfernung einbüſsen. Die Theilchen von P sind falls durch ihre Repulsivkraft sollicitirt, sich zu fliehen a zerstreuen, und diese Kraft kann durch die Anziehung nicht ganz überwältigt werden, dessen Quantum geringer nd das aus einer gröſseren Entfernung wirkt, als die Re- n, von der hier die Rede ist. Es muſs also ein Ueber- von P da seyn, der nur durch den Widerstand der Luft gehalten wird, und der die freie Spannung auf derjenigen bildet, von welcher die Ladung ausgeht. Man kann sich orstellen, daſs das P auf der einen Seite aus einer Portion ehe, welche längs in durch die Anziehung von N ge- n und zurückgehalten ist, und aus einer andern Portion

U, dessen Theilchen kein anderes Hindernifs für die ihres wechselseitigen Repulsion finden, als den Widen Luft, und welche durch das Elektrometer angezeigt Das Quantum U wird immer geringer seyn als N, weil der Entfernung, welche durch die Dicke des Glases ist, doch durch N vollkommen neutralisirt und gebun Wenn man fortfährt durch den Leiter D E. zuzufül wird die Quantität des + E, um welches P zunimmt, setzung oder Vertheilung eines neuen Antheils des na Fluidums oder des 0 E., das in o x und den damit verb Körpern vorhanden ist, bestimmen, aber zugleich Anziehung von N, das an Menge zugenommen hat, i hung auf jedes neue Theilchen p′, das zu entweich zunehmen, wodurch dann nothwendig erfordert wird, Quantität u von + E, die dasjenige, was die Wirksam + E wegen der Entfernung einbüfst, zu ersetzen hat, wieder zunehme, und es wird endlich ein Zeitpunct ten, wo die Portion u von + E gerade so viel langt haben wird, als erforderlich ist, um dem Wi der Luft vollkommen das Gleichgewicht zu halten. Ü sen Zeitpunct hinaus werden alle neue Theilchen welche der Conductor D nach und nach liefert, allm weichen (Ausströmen der Flasche) d. h. die Glasplatt statt deren die Ladungsflasche wird sich auf ihrem Sä puncte befinden, denn alsdann kann kein neuer Ant 0 E in den mit o x verbundenen Körpern zersetzt, kein zurückgetrieben, und kein n′ angezogen werden, wei stark als die Kraft von P wirken würde, um ein T + E, welches aus der Verbindung treten sollte, zurü ben, eben so stark die Anziehung von N die auf Zurü des Theilchens gerichtet ist, entgegenwirken würde. man in diesem Zustande die Kette ab und berührt d fläche o x, so verändert sich nichts, weil im Wesentli beim Alten geblieben ist, bringt man dagegen den F gen die Oberfläche i n, so findet nicht weiter ein Gleic statt, weil dann nichts der Wirkung der Portion u de ser Oberfläche befindlichen Fluidums das Gleichgew die nur durch den Widerstand der Luft zurückgehalte wird also in den Finger als ein stechender Funke ül wie ihn ein gewöhnlicher Conductor von gleicher Ol

chem die freie E. dieselbe Spannung hätte, geben würde, freie Spannung auf dieser Seite wird gänzlich aufhören. Die U hingegen wird fortdauernd durch die Anziehung des ms N in in zurückgehalten werden, und das Gleichgewird zwischen den el. Kräften in Beziehung auf die vernen Puncte dieser Oberfläche in hergestellt seyn. Es iber auf der Oberfläche ox eine Störung erlitten haben, ie Portion des negativen Fluidums, welche durch die Ang von u zurückgehalten war, die der Finger wegnahm, hro nur noch durch die umgebende Luft zurückgehalten Die Oberfläche ox wird daher jetzt freie Spannung zeigen inen Funken geben. So wie man diesen entzogen hat, ibermals auf der Oberfläche in sich freie Spannung zeigen n, weil das P auf derselben, welches durch das N nur ilfe der durch den Finger entzogenen Portion vollkommen den war, nicht mehr gänzlich im Gleichgewicht gehalten olglich ein verhältnifsmäfsiger Theil abermals nur durch Widerstand der Luft zurückgehalten wird, und an den gerten Finger wieder einen Funken giebt, durch welches abselnde Funkennehmen von den beiden Belegungen man gemäfs III. c. die Platte oder Flasche allmälig entladen kann. Das Gesetz dieser allmäligen Entladung läfst sich nach 1 auf folgende Weise bestimmen. Es drücke in dem Aulicke, da die Zuleitungskette und der Conductor von den n Belegungen der Platte weggenommen worden sind und ch auf der einen Seite, wenn die Ladung vom positiven uctor aus erfolgt ist, mehr + E, als auf der andern Seite ich befindet, 1 : m das Verhältnifs von E:e aus, indem en eigentlichen Bruch, kleiner als 1, bezeichnet und gewisse Function von der Dicke der Glasplatte oder überdes belegten Nichtleiters seyn wird. Die Proportion = 1 : m kann man auch durch die Gleichung mE — e = 0 llen. Berührt man nun die Belegung in mit dem Finger, rliert diese, wie schon bemerkt, einen Theil ihres + E, lagegen wird ein Theil von — e in ox frei, wodurch das Verhältnifs von e zu E gerade umkehrt, und so es bei jeder wechselsweise erfolgenden Berührung der

Traité de Physique expérimentale et mathématique Tome II. f.

beiden Belegungen. Nennt man daher die Menge der
und nach den verschiedenen Berührungen in

in	und	ox
E		e
E′		e′
E″		e″

so erhält man folgende Gleichungen und Proportionen

$mE - e = 0$ $E : e = 1 : m$

$E' - me = 0$ $e : E' = 1 : m$

$mE' - e' = 0$ $E' : e' = 1 : m$

$E'' - me' = 0$ $e' : E'' = 1 : m$

$mE'' - e'' = 0$ $E'' : e'' = 1 : m$

woraus ferner folgt

$E' = m^2 E$ $e' = m^2 e = m^3 E$

$E'' = m^2 E' = m^4 E$ $e'' = m^2 e' = m^5 E.$

$E - E' = (1 - m^2) E$ $e - e' = (1 - m^2) e = (1-$

$E'' - E' = (1 - m^2) E' = (1 - m^2) m^2 E;$ $e'' - e' = (1 - m^2) e' = (1-$

Die Verluste von E., welche die Belegungen in abwechselnd durch die Berührung erleiden, bilden ei abnehmende geometrische Reihe, deren erstes Glied (1 und deren Exponent m ist.

An diese mathematische Bestimmung schliefst sich telbar eine gleich genaue Bestimmung des Gesetzes der mehrerer Flaschen zugleich an, deren äufsere und inne gungen abwechselnd in leitende Verbindungen gesetzt und auf welches ich unter II. h vorläufig hingewiesen A, B, C, seyen drei belegte Nichtleiter z. B. Glasplatten vo cher Dimension und Beschaffenheit, wovon je zwei vorerwähnte Art in leitender Verbindung sind, überdi die innere, oder sofern es Glasplatten sind, vordere Be des ersten Nichtleiters mit dem Conductor der Elektrisirm die äufsere oder hintere Belegung der letzten C mit dem in leitender Verbindung. Nach geschehener Ladung find gende Bedingungen statt:

für A	$mE - e = 0$
für A und B	$-e + E' = 0$
für B	$mE' - e = 0$
für B und C	$-e' + E'' = 0$
für C	$mE'' - e'' = 0$
Daraus folgt	$E' = mE$
	$E'' = mE' = m^2 E$
	$e' = mE' = m^2 E$
	$e'' = mE'' = m^2 e = m^3$

ıng der einzelnen Belegungen bildet demnach eine ab-
le geometrische Reihe, deren erstes Glied und deren
ıt m ist.

e Phänomene der Entladung einer Flasche durch den el. nach III. a, der Vertheilung der Ladung einer Flasche . g, der Aufhebung der Ladung durch eine entgegenge- ıach III. f erklären sich von selbst nach der hier aufge- Theorie.

ıngt man beide Hände auf einmal an die äufsere und in- legung, so fallen alle die Effecte, die bei der allmäligen ıng successiv waren, gleichsam in einem Augenblicke ıen. Hierbei mufs man sich vorstellen, dafs das + E n 0 der Leiter, welche den Verbindungskreis bilden — E und + E zurücktreibt, und gegentheils das — E der ngesetzten Belegung + E oder 0 anzieht, und — E zu- ibt, die dann ihrer Seits wieder 0 zersetzen, so dafs ıam in abwechselnden Zonen diese Ausgleichung des + - von beiden Seiten erfolgt, welches man gewöhnlich den rom oder, bei der Annahme zweier Materien, die el. e nennt. Dafs indefs auch bei dieser aus dem Gesetze der eilung von selbst sich als nothwendig ergebenden Art der ichung doch eine wirkliche Durchströmung eines Theils der Flasche selbst gebunden gewesenen und in der Ent- ng frei werdenden + und — durch die Leiter, welche rbindung zwischen den beiden Belegen bilden, statt finde, t sich daraus, dafs einerseits das + andererseits das — ersetzung des 0 nur durch seine überwiegende Quantität ken kann und also in dem ganzen Fortgange durch den ndungskreis ein jedoch fortdauernd abnehmender Antheil eiem + und — der Flasche selbst sich finden mufs, bis sich selbst unter einander ausgeglichen haben. Auch läfst h bei einer sehr grofsen Geschwindigkeit der Bildung durch vollkommensten Leiter, wie die Metalle sind, recht wohl en, dafs es zu einer solchen Bildung von abwechselnden n gar nicht einmal kommt.

Dafs bei der Entladung durch einen isolirten Auslader kein ommenes Gleichgewicht hergestellt wird, sondern stets ein eil der E. derjenigen Seite, von welcher die Ladung aus- , im Ueberschusse sich zeigt, folgt nothwendig daraus, dafs ganze Quantum der $\pm$ E. auf dieser Seite mehr beträgt als

das $\mp$ E, welches durch ersteres auf der entgegengeset
vollkommen gebunden gehalten wurde, und folglich,
das + der einen Seite mit dem $\mp$ der andern Seite si
telbar oder nur mittelbar durch $\mp$, welches von dem
dern Seite aus dem 0 frei gemacht wird, ausgleich
immer ein Theil $\pm$ ohne ihm entsprechendes $\mp$ frei blei

Die Art, wie die Stärke der Ladung von allen U
abhängt, die auf dieselbe den Versuchen zufolge, Ei
ben, leuchtet ebenfalls ein. Je dünner das Glas de
oder Ladungsplatte ist, um so stärker muſs sie sich u
gens gleichen Umständen laden. Denn einerseits wir
Fig. 68. der Seite i n mit mehr Energie auf das der entgegen
Seite im Verhältnisse der geringeren Entfernung der bei
chen von einander, andererseits wird das — der Fläc
da es in gröſserer Menge da ist, im Stande seyn du
Anziehung, eine gröſsere Menge des + auf der Seite i
rückzuhalten, wovon die Folge ist, daſs der Sättigu
später eintreten wird, als wenn das Glas dicker wäre.
werden bei geringerer Glasesdicke die Quantitäten des +
weniger von einander abweichen, oder was auf eins
kommt, die Quantität u, die dasjenige ersetzt, was
des + auf der Seite i n l p in Hinsicht auf die Entfern
liert, und die überhaupt eine Function der Glasesdicke
im Verhältniſs des U kleiner seyn, weil die Entfernu
vermindert ist, und also bei gleicher Quantität u die Su
u + U oder die Ladung im Ganzen um so gröſser ausfal
gestalt daſs die Quantität u Null seyn wird, wenn man
des Glases verschwindend annimmt. Doch versteht es
selbst, daſs in der Praxis eine gewisse Dünnheit ni
schritten werden darf, weil sonst der Widerstand g
Drang der E., die sich zu vereinigen streben, zu klein
vor Eintritt des Maximums der Ladung ein Durchbruch
würde. Ob die Capacität einer Flasche oder Glasplatte
cher Gröſse der Belegung sich umgekehrt wie die Gl
verhalte, wie Cavendish[1] gefunden haben will, ver
deſs eine neue Prüfung. Da die Quantität, bis zu welc
nehmen kann, eine Function der Dichtigkeit der Luft
dem diese in dem Verhältnisse ihrer Dichtigkeit W

1 Phil. Trans. Vol. LXVI. p. 196.

. bei grösserer Dichtigkeit einer grösseren Menge das ·icht hält, unter übrigens gleichen Umständen aber die r Ladung sich nach der Quantität des u richtet, so lbe Flasche in dichterer Luft sich stärker laden lassen, nerer, und im vollkommen leeren Raume kann eben ne Ladung statt finden.

übersieht leicht, dafs sich alles was beim *Condensator icator* über die Ladung derselben, über ihre Capaciıcität, angeführt wurde, ohne weiteres auch auf gsplatte und Flasche anwenden läfst und dafs der Conelbst nichts anderes als ein Ladungsapparat mit einer ıen Schicht eines Nichtleiters, so wie umgekehrt die atte ein Condensator mit einer viel gröfseren Dicke eiters ist. Bei jenem ist das U im Verhältnifs gegen weitem beträchtlicher, oder seine Capacität ist bei)berfläche im Verhältnifs der gröfseren Dünnheit der n Schicht bei weitem gröfser, aber das u darf nur eischwachen Grad erreichen, und daher kann die Ladung ter getrieben werden, weil über diesen schwachen Grad ine Entladung durch die dünne Schicht von Firnifs Luftschicht erfolgt; bei der Ladungsplatte beträgt das hältnisse des u viel weniger, aber das u erreicht einen heren Grad, je stärker der Widerstand der isolirenden t, welcher eben deswegen nicht zu geringe seyn darf, ganze Ladung auf einen ohne Vergleich viel höheren eben werden kann.

Rückstand der Ladung III. e erklärt sich daraus, dafs ıicht absolut, sondern nur relativ undurchdringlich für ıidum ist. So wie die Ladung zunimmt, wird ohne ıehr und mehr das el. Fluidum durch die Repulsivkraft eilchen in das Glas hineingeprefst, da sein Drang vorinwärts gegen das auf der anderen Seite angehäufte esetzte Fluidum gerichtet ist. Im Augenblicke der eradung gleicht sich nur dasjenige Fluidum mit seinem e aus, das sich im verdichteten Zustande zunächst an fläche des Glases befindet, da wegen der Hemmung, ıs Glas der Fortleitung entgegensetzt, das mehr nach Indliche nicht schnell genug hinzuströmen kann. Da die repulsive Kraft, welche diesen Theil vorher noch drängte, durch die Entladung selbst entfernt ist, so

zieht er sich mit dem Grade freier Expansivkraft, die
kommt, und die vorher im Gleichgewichte gehalten w
mälig nach aufsen, und giebt zu einer zweiten Entladu
anlassung, da auch hier mit einem u′ ein U′ im Ver
steht, und man begreift leicht, dafs bei grofser Capacit
bei sehr geringer Spannung noch hinlänglicher Vorrath
dritte und vierte Entladung vorhanden seyn kann. Daf
von der Belegung auf das Glas selbst übergehe, kann n
unter II. m angeführten Erscheinungen nicht bezweifelt
Dafs das Eindringen derselben in die Substanz des Gla
nur auf die ersten an Dicke gleichsam verschwindenden
ten beziehe, erhellet daraus, dafs nach Cavallo [1] Glä
die kaum $\frac{1}{500}$ Zoll dick sind, sich noch sehr gut laden
und ihre Ladung lange Zeit behalten. Unter günstigen U
den mag indefs doch eine Durchdringung des Glases ohn
hebung seiner Cohäsion statt finden können. Canton lad
nige sehr dünne Glaskugeln von 1,5 Zoll im Durchmesser
che ohngefähr 9 Z. lange Röhren hatten, und versiegelte si
dem Laden hermetisch. Wenn man an diese Kugeln,
sie kalt waren, ein Elektrometer brachte, so zeigten sie
E., wenn man sie aber ein wenig ans Feuer hielt, so fand
sie stark elektrisch und sie zeigten diejenige Art der E. mi
ihre innere Seite geladen war. Wurde dieser Versuch oft
derholt, so verloren diese Glaskugeln bald ihre Kraft, da
ruhig unter Wasser aufbewaht behielten sie ihre Kraft
lang. Dieser letztere Umstand scheint zu beweisen, da
Wärme nicht etwa das Glas zu einem bessern Leiter der v
lenden Wirkung der E. macht, sondern zu einem besse
ter durch sich selbst hindurch, so dafs die im Innern ang
E. sich allmälg nach aufsen zieht und zerstreut, denn d
auf der äufsern Seite befindliche E. die im Innern ang
nicht ganz binden könnte, sondern dafs letztere bei dies
mäligen Durchgange stets mit freier Spannung auftreten
bedarf nach dem obigen keiner weiteren Auseinanders
Aus der Erhöhung der leitenden Kraft des Glases durch
wärmung erklärt sich dann auch, wie sich die letzten
der Ladung einer Flasche, nachdem die beiden Bele
durch einen Auslader längere Zeit in Verbindung geblieb

1 a. a. O. I. Bd. S 295.

schein bringen lassen, wenn man die Flasche erwärmt. uch diese kleinen Reste nicht im Stande sind, die leichütterung zu geben, so kann man sie doch durch die des Condensators sehr merklich machen, wie READ [1] zeigt hat.

starken Wirkungen der geladenen Flaschen in Ertheiliger Erschütterungen, die kräftigen mechanischen und ien Wirkungen derselben [2] haben nichts auffallendes, man nur auf die große Capacität dieser Flaschen für E. Rücksicht nimmt, und daſs bei einer gegebenen Spanch in dem Verhältnisse dieser Capacität, die von der Geung der El. auf der andern Seite abhängt, weit mehr E. elben Oberfläche befindet, als auf der eines gewöhnleiters, welcher bloſs von der Luft umgeben ist. Diese öſsere Quantität muſs, da in der Explosion ihre ganze mkeit sich gleichsam in einen Augenblick concentrirt, um so gröſsere Wirkungen hervorbringen. Richtet man stände so ein, daſs auch von den Conductoren der Elekaschine eine verhältniſsmäſsig gleich groſse Quantität in Funken auf einmal zur Wirksamkeit kommt, so kann man esem sogenannten einfachen Funken alle Wirkungen der ften E. nachahmen, wie VOLTA zuerst in das hellste esetzt hat [3]. Sehr lange und dünne Conductoren, die bei r Oberfläche eine viel gröſsere Capacität als kurze Conen von einem groſsen Durchmesser haben, geben keine dende, sondern ganz dieselben erschütternden Funken, die die Brust dringen wie von kleinen Leidner Flaschen, wenn it dem zum feuchten Erdboden oder in einen Brunnen den Ableitungsdrahte in Verbindung steht. Steht man m bloſsen Fuſsboden von Brettern, und zieht man den n aus einem solchen langen und dünnen Conductor wie ige VOLTA's, welcher 96 Fuſs Länge und nur 6 Linien rchmesser hatte, so erhält man dieselben kurzen, röthlizischenden und gleichsam fressend nagenden Funken, e man aus dem Leiter erhält, an welchem eine Leidner

---

[1] Summary View of the spontaneous Electricity p. 16.

[2] Vgl. *Batterie* und *Schlag, elektrischer.*

[3] In seiner interessanten Abhandlung über die Capacität der el. u. s. w. Alex. Volta's Schriften u. s. w. v. Dr. Nasse. Halle 1803.

mufs, erklärt diese Theorie auf folgende Weise. B i
Boden im Gleichgewichte, also ist die Berührung
wirksam. A aber giebt so viel E. ab, als der Stärke
den Conductors gemäfs ist, weil es mit diesem gleic
nende Kraft hat. Dadurch geht fortleitendes Fluidu
ganzen Apparate, also auch aus B hinein; dadurch
an ausdehnender Kraft, und kommt aus dem Gleic
mit dem Boden. Berührt man nun B, so geht mit ei
ken zur Wiederherstellung des Gleichgewichts el. Fl
dasselbe über, dieses giebt die el. Materie an B ab,
leitendes Fluidum vertheilt sich aber durch den ganze
und gelangt also auch durch das Glas hindurch nach A
durch wieder an ausdehnender Kraft zunimmt, und d
gewicht mit dem Boden verliert. Daher kann man
einen Funken aus A ziehen u. s. f. So verliert A
Funken etwas el. Materie, B bekommt aber bei jeden
endlich durch Fortsetzung des Verfahrens beide fast
haben und die Flasche entladen ist. Die plötzliche
ist nichts anders, als eine schnelle Succession eben
Wirkungen. Die Entladung aber ist nie vollständig
el. Materie an die nicht leitende Substanz sich fest an

So genau auch diese Erklärung sich an die Ers
der Leidner Flasche anschmiegt, und von den wicht
dificationen derselben genügende Rechenschaft zu geb
so stehen ihr doch aufser den Einwürfen, die ich unt

lieses unbelegten Randes sich auf der Oberfläche desselben der Masse des zu demselben gehörigen Gases in verhält- fsig größerer Menge verbreiten und also der Ver- on el. Materie auf der entgegengesetzten Seite verhältniſs- geringer ausfallen würde, gerade so wie bei einer Glas- die auf beiden Seiten in der Ausdehnung der Belegungen Ladungsplatte mit Wasser bedeckt wäre, bei der Zufüh- iner gleichen Menge von Wasserdämpfen die Verdunstung assers auf der entgegengesetzten Seite bei einer gröſseren hnung der Glasplatte geringer ausfallen müſste, weil we- Wärme von den zersetzten Dämpfen dahin gelangen ; es müſsten sich bei gleicher Glasesdicke und gleicher der Belegung und bei gleichem Zuflusse aus einer Elektri- quelle die verschiedensten el. Zustände auf der entgegen- ten Seite einfinden können, und die negative Ladung, ediglich von der Menge des nach der entgegengesetzten gelangenden fortleitenden Fluidums abhängt, in den ver- lensten Verhältnissen mit der positiven Ladung stehen, m aber nicht die geringste Andeutung in der Erscheinung . Da ferner zur Erklärung der plötzlichen Entladung durch indungen der beiden Belegungen durch einen Leiter ein sam instantanes Durchströmen des fortleitenden Fluidums die ganze Dicke des Glases angenommen werden muſs, so daraus folgen, daſs die Ungleichheit in der ausdehnen- raft auf den beiden Seiten, worauf die freie Spannung der geladenen Seite beruht, und wovon eben die Dicke des die Ursache seyn soll, sich in sehr kurzer Zeit ausglei- und beide Belegungen dann ein Uebergewicht von freier ung in Beziehung auf die im natürlichen Zustande befind- Körper zeigen müſsten, womit aber gleichfalls die Er- g nicht übereinstimmt.

Von einer ganz andern Art, als die eben mitgetheilte, ist Erklärung, welche neuerlich G. F. Pohl[1] im Zusammen- mit einer durchgreifenden dynamischen Darstellung des nismus, Elektricismus, Chemismus und Magnetismus von Phänomenen der Ladung gegeben hat, und welche hier Erwähnung verdient, da sie sich nicht auf eine bloſse An-

---

1 Der Proceſs der galvanischen Kette. Berlin 1826. S. 338.

deutung im Allgemeinen beschränkt, sondern in das
der Erscheinungen eingeht, und von manchen Lesern in
land auf die sogenannten naturphilosophischen Formel
noch ein Werth gelegt wird. Ihm zufolge ist die el.
ganz übereinstimmend mit dem Vorgange, welcher sta
wenn ein Element der Ritter'schen Ladungssäule[1] zwis
Pole einer galvanischen Säule eingeschlossen ist. De
leiter soll sich nämlich zwischen dem geriebenen G
Elektrisirmaschine und dem Glase der Verstärkungsfla
wie eine zwischen zwei flüssigen Schichten in der Ladu
liegende Metallplatte in zwei Erregungszonen theilen;
nach der Maschine hin positiv bleiben, nach dem Glase
gativ werden, in gleicher Art soll die Leitung zwisch
äufsern Belege und dem Reibzeuge (der kräftigsten Art z
nach jener hin positiv, nach diesem hin negativ, und z
beiden das Glas in der Berührung mit dem innern Bele
tiv, mit dem äufsern negativ erregt seyn. Je mehr di
nung in der Erregung beider Belege wächst, und sich r
zum Ueberschlagen nach der entgegengesetzten Seite l
um so beharrlicher tritt ihr die bindende Erregung de
auf seinen beiden Seiten entgegen. So wie aber die
den geschlossenen Kreis der Kette verläfst, tritt die M
Reaction des Metalls gewaltsam hervor, und das Glas
nicht mehr so vollständig zu fesseln. Es behauptet s
gegen die innere Belegung zu in der positiven Erregu
hält diese auf der inneren ihm zugewandten Seite in de
ven Erregung fest, aber nach aufsen hin ist jetzt dies
legung durch Reaction überwiegend positiv. Eben so
Glas nach der äufsern Belegung zu negativ, und also
auf der innern, dem Glase zugekehrten, Fläche posit
nach aufsen hin ist dieselbe Belegung durch Reaction übe
negativ thätig. Wird in diesem Zustande eine von bei
wa die innere, isolirt vom Glase aufgehoben, so
durchgehends eine positive Erregung, die aber bei weit
mehr so stark erscheint, als sie vorher während der Ve
mit dem Glase war, weil der gröfsere Theil der übe
reagirenden positiven Thätigkeit in der frei gewordene
ven Erregung, die so lange durch die positive Erreg

1 S. *Galvanismus und Säule*, *Volta'sche*.

gebunden wurde, erloschen ist. Bei der Entladung fin-
:ine vollkommene Indifferenzirung statt, sondern dieser
hliefsung einer Kette zu vergleichende Vorgang kann nur
·löschen der überwiegenden positiven Erregung der in-
Belegung in der entgegengesetzten negativen Thätigkeit
fseren zur Folge haben, während die negative Erregung
nern Belegung durch die positive des Glases, so wie die
'e der äufsern Belegung durch die negative des Glases ge-
n bleibt. Nach dieser Schliefsung ist also das Ganze voll-
en in dem Zustande eines von Beleg zu Beleg geschlosse-
Elektrophors. Aber mit dieser ersten ursprünglichen
fsung der Flasche geschieht unmittelbar an ihr selbst noch
als eine blofse Indifferenzirung der überwiegenden reagi-
n Thätigkeiten beider Belegungen, vielmehr tritt das Glas
nd der unmittelbaren Verbindung derselben abermals mit
Neue gereizter Kraft in gesteigerte eigene Erregung der
ung der beiden Belegungen entgegen, und bindet aufser
Antheile, der es vorher schon im Widerstreite mit dem mäch-
Drange der Reaction des Metalls gefesselt hielt, auf jeder
noch ein gewisses Quantum der in der Belegung theils vor-
enen, theils neu hervorgerufenen Erregung mehr, welches
o gröfser ist, je gröfser die Intensität der Thätigkeit des
en, und die sogenannte Ladung ursprünglich war. Un-
lbar nach diesem Momente binden sich alsdann, wenn die
efsung aufgehoben wird, die entgegengesetzten Erregungen
eder Seite vollkommen, und es findet scheinbar das ent-
denste Gleichgewicht statt. Nach einiger Zeit aber vermag
Glas dem Drange der Reaction des Metalls mit derselben
gie der Thätigkeit, zu welcher es im Momente der Schlie-
; gereizt wurde, nicht ferner mehr das Gleichgewicht zu
n, es sinkt allmälig wieder auf einen geringern Grad der
gungsthätigkeit herab, und das innere Beleg reagirt aufs
: mit positiv, das äufsere mit negativ thätiger Erregung,
wie sich von selbst versteht, in schwächerem Grade als
er ursprünglichen Ladung, und diese durch eine zweite
dritte Schliefsung nur immer schwächer wieder hervorzu-
nde und gleichsam eine neue Ladung darstellende Reaction
:t das, was man gewöhnlich den Rückstand der Ladung ge-
nt hat, und was bei der gewöhnlichen Deutung als ein blofs
lliges (?!) Phänomen erscheint, während es dieser Ansicht

zufolge in einem nothwendigen und gesetzmäſsigen Zusammenhange mit der Ladung steht.

So viele neue Kräfte und Wirkungsgesetze als hier postulirt werden, um die Erscheinungen mit einander zu verknüpfen, können nur zugelassen werden, wenn mit strenger Genauigkeit nachgewiesen ist, daſs die bisherigen Erklärungen auf keine Weise zureichen, und daſs eben diese Kräfte ein fruchtbares Erklärungsprincip nicht bloſs für diese abgerissenen Phänomene, sondern für eine groſse Mannigfaltigkeit anderer, theils zu einer Classe mit diesen gehörigen, theils verwandter Erscheinungen abgehen, und daſs dadurch überhaupt unsere Naturansicht an Einheit, Consequenz und Schärfe gewinnt. Wie wenig dieses indeſs durch die mitgetheilte dynamische Darstellung geleistet werde, wie sehr alles Maſs dabei auſser Acht gelassen sey, davon werde ich im Artikel: *Galvanismus* Rechenschaft zu geben suchen, in Beziehung auf welchen G. F. Pohl's Erklärung darum Aufmerksamkeit verdient, weil sie Schwierigkeiten zu heben scheint, welche die herrschenden Ansichten übrig lassen. Indeſs durch den Widerspruch der Erscheinungen selbst mit dieser dynamischen Erklärung, der sich schon auf diesem beschränkteren Gebiete zeigt, muſs sie verdächtig werden. Ist es nämlich unrichtig, daſs die positive Belegung, wenn sie vom Glase entfernt wird, an Spannung abnehme, wie das Gegentheil davon bereits aus dem im Jahre 1762 von Wilke[1] angestellten Versuchen hervorgeht, und wenn das positiv erregte Glas im Augenblicke der Entladung gleichsam aufgereizt (!) mehr negative Erregung hervorzurufen und zu fesseln vermag, als später, wenn seine Kraft, (wie wenn es ermüdet würde, und nach den Gesetzen des Lebens thätig wäre) wieder nachläſst, so müſste die vorher positiv geladene innere Belegung in der Erscheinung des Rückstandes der Ladung vielmehr mit *negativer* Erregung und so die äuſsere Belegung umgekehrt mit *positiver* auftreten, wovon aber die Erfahrung abermals das Gegentheil zeigt.

1 Schwed. Abh. für 1762 S. 258—261.

Erörterung der Versuche mit der dner Flasche, welche zum Beweise Franklin'schen Theorie gebraucht den, und Gegenbeweise dagegen aus igen bei der Entladung vorkommenden Erscheinungen.

Die Franklin'sche Theorie erklärt, wie wir oben gesehen n, die Erscheinungen der Leidner Flasche aus einer einzi-el. Materie, indem sie auf der positiven Seite einen Ueber- auf der negativen Seite einen Mangel derselben annimmt die Entladung als eine Ausgleichung des Mangels durch den erflufs ansieht, wodurch bei der Proportionalität derselben ergleichung mit dem natürlichen el. Zustande dieser selbst ler hergestellt werde. Dieser Theorie zufolge müfste dem- die Bewegung des el. Fluidums in der Entladung eine eitige Richtung von der + nach der — Seite haben, und Spuren dieser Bewegung und ihrer Richtung müfsten sich og mit den Erscheinungen, die ein auf diese Weise sich egendes el. Fluidum, oder überhaupt eine nach einer Seite rirkende mechanische Gewalt in der Erfahrung wirklich , in den Wirkungen, die von der Entladung abhängen, er That nachweisen lassen. Einen solchen entscheidenden eis glauben auch die Franklinianer durch das Verhalten des henschlages aufstellen zu können, und namentlich hat allo mehrere Versuche dieser Art[1] beschrieben, durch he diese einseitige Richtung von der + nach der — Seite r allem Zweifel gesetzt werden soll.

a. Man hat sich vor allem auf gewisse Erscheinungen, he Charten oder Pappblätter beim Durchbohren durch einen chlag zeigen, berufen. Der Hauptversuch dieser Art soll t von dem Genfer Lullin angestellt worden seyn. Man Fig. 59. eine Charte m n zwischen die beiden Spitzen des Henley'- allgemeinen Ausladers, so dafs sie in einiger Entfernung einander beide die Charte berühren, die Spitze a, welche Entladen mit dem positiven innern Belege communicirt, die Spitze d, welche mit dem negativen äufsern Belege

[1] Vollst. Abh. 1ster Bd. S. 217 u. f.

verbunden ist, in o. Erfolgt nun der Entladungsschlag, so sieht man längs der Seite des positiven Drahtes a den Funken sich bis zu dem Puncte x hinschlängeln, welcher der negativen Spitze gegenübersteht, hier erfolgt die Durchbohrung, und an der negativen Spitze sieht man einen bloſsen leuchtenden Punct. Derselbe Erfolg findet auch statt, wenn die Flasche negativ geladen wird, der Funke zeigt sich auch hier nur auf derjenigen Seite der Charte, zu welcher der Draht von der positiven Seite ausgeht. Pictet[1] stellte diesen Versuch so an, daſs er beide Seiten einer Spielcharte mit einem gleichschenklichen Dreieck aus Stanniol belegte, so daſs die Grundlinien der Dreiecke an den gegenüberstehenden Rändern der Charte liegen und ihre Spitzen auf den entgegengesetzten Seiten wenigstens einen Zoll von einander abstehen. Der Funke springt dann jedesmal von der Spitze des Dreiecks, das mit dem positiven Belege in Verbindung steht, sichtlich bis dahin wo die Spitze des negativen Dreiecks gegenüber steht, und durchbohrt daselbst die Charte. Mit dieser Probecharte stellte Pictet auch noch folgenden Versuch an: Er isolirte eine Verstärkungsflasche, stellte ihren Knopf nahe an den negativen Conductor der Elektrisirmaschine, und hielt eine solche Charte, deren eine Stanniolbelegung an ihrer Basis mit einem kleinen Knopfe versehen war, an der andern Seite so in den Fingern, daſs der Knopf sich nahe an dem äuſsern Belege der Flasche befand. Bei jedem Funken der zwischen dem Conductor und dem Knopfe der Flasche erschien, zeigte sich auch ein Funken an der einen Seite der Charte, und zwar stets an der Seite, an welcher die Belegung sich befand, die mit der Hand berührt wurde. Ein Beweis, meint Pictet, daſs in diesem Falle aus dem allgemeinen Behälter, dem Erdboden, sich el. Materie in die äuſsere Belegung der Flasche ergoſs, so oft ein Funken aus dem Knopfe der Flasche in den negativen Conductor übersprang. Das Entgegengesetzte fand statt als die Flasche positiv geladen wurde. So sehr diese Versuche dem ersten Anscheine nach dafür zu sprechen scheinen, daſs ein deutlicher el. Strom stets nur von der positiven Seite ausgeht und nach der negativen hin gerichtet sey, so hat doch Tremery durch eine sinnreiche Abänderung dieser Versuche zu zeigen

1 G. XLIII. 218.
2 Ebend. XXIII. 426.

ıt, dafs sich diese Erscheinungen auch mit der Annahme r el. Materien in Uebereinstimmung bringen lassen, wenn ıur annimmt, dafs die atmosphärische Luft für beiderlei von E. ein verschiedenes Leitungsvermögen (oder Isoli- vermögen, in welchem Sinne die nachfolgenden Bestim- en gerade auf eine umgekehrte Weise für jede der E. ge- ıen werden müssen) besitze, und zwar für +E ein ohne eich gröſseres als für —E. Da unter dieser Voraussetzung unendlich mehr Widerstand als +E beim Verbreiten durch mosphärische Luft finden würde, so wäre es so gut, als te die Oberfläche der Körper —E, und als hätten die ne- elektrisirten Körper selbst eine mächtige Anziehung zu , ungeachtet die Anziehung nur der in ihnen zurückgehal- ı—E zukäme. Hierdurch würden sich zugleich die Ver- denheiten der Lichtgestalten bei Spitzen und den Lichten- schen Versuchen erklären lassen.

Um diese Annahme zu prüfen, wiederholte Tremery den ıch unter dem Recipienten der Luftpumpe, unter welchem uft bis zu einer gewissen Quecksilberhöhe von ungefähr ll ausgepumpt war. Die Charte wurde in einem Puncte rchbohrt, der ungefähr in der Mitte zwischen den beiden n lag, und zu beiden Seiten der Charte sah man Licht- n. Er liefs dann allmälig die Luft wieder unter den Re- ten strömen, und wiederholte den Versuch in verschiede- ichtigkeiten. Für jede entstand ein Loch an einer andern , so dafs sich im Stücke yx der Charte eine ganze Reihe urchbohrungen, die eine nicht weit von der andern, be- Damit die Entladung nicht durch die früher gebildeten r gehe, mufs die Charte etwas in die Höhe gezogen wer- Manchmal entstehen bei einem Schlage mehrere Löcher ch; in diesem Falle sind aber alle Löcher so vertheilt, ı unmöglich seyn würde, zu sagen, an welcher Seite der e und an welcher der negative Draht gewesen sey. Wurde ›rsuch in einer Luft von noch geringerer Dichtigkeit wie- t, so lag der Punct, wo der Schlag die Charte durchbohrt näher bei dem positiven Drahte b, als bei dem negativen der gröſsere Lichtstrom zeigte sich dann an der negati- ite. Fig. 59.

remery schliefst hieraus 1. dafs das Leitungsvermögen las Isolirungsvermögen in einem umgekehrten Sinne) der

atmosphärischen Luft für positive und negative E. wesentlich verschieden ist; 2. dafs unter dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre das Leitungsvermögen für + E ohne Vergleich viel gröfser (oder das Isolirungsvermögen ohne Vergleich viel geringer) ist als für — E. 3. dafs dieses Leitungs- oder Isolirungsvermögen jedesmal nach einem eigenen Gesetze sich mit der Dichtigkeit der Luft verändert, so dafs für eine bestimmte Dichtigkeit der Luft beide einander gleich sind, 4. dafs von diesem verschiedenen Leitungs- oder Isolirungsvermögen der Luft beim gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre alle Zeichen herrühren, welche zu beweisen scheinen, dafs die Glas-Elektricität wirklich positive d. h. Ueberschufs, die Harzelektricität wirklich negative d. h. Mangel an E. sey. Diese Erklärung möchte vielleicht noch weitere Bestätigung und Aufklärung durch Wiederholung des nämlichen Chartenversuches in Gasarten von sehr verschiedener chemischer Natur erhalten, da vorauszusetzen ist, dafs auch unter dem gewöhnlichen Luftdrucke das Isolirungsvermögen der chemisch sehr verschiedenen Gasarten sich für die beiderlei Elektricitäten sehr verschieden verhalten möchte[1].

b. Man hat den Versuch mit den Charten noch von einer andern Seite als einen Beweis für eine einseitige Richtung der E. in ihrer Bewegung blofs von der positiven Seite ausgehend zu machen gesucht. Gough[2] stellte den Versuch so an, dafs die Spitzen der beiden Stannioldreiecke in der Mitte des Chartenblattes einander gerade gegenüber standen. Als er eine auf der innern Seite mit + E geladene Flasche durch sie entlud, hatte das Loch der Charte an beiden Seiten erhabene Ränder. Doch waren an der Seite nach dem positiven Belege zu die Ränder minder hoch, als nach der entgegengesetzten. Dasselbe fand statt, als er die Flasche mit — E lud, und sie durch die Charte entlud. Die Durchbohrung, bemerkt Gough, glich in beiden Fällen völlig dem Loche, welches ein Pfriemen in einem dehnbaren Körper macht, denn er fand, dafs wenn er eine auf weichem Holze liegende Charte, oder eine unter einer Oeffnung angenagelte Bleiplatte mit einer solchen Spitze durchstach, das Loch ebenfalls zwei erhabene Ränder hatte, und immer war der Rand an der vordern Seite, durch welche die Spitze hin-

1 Vgl. *Funken, elektrischer.*
2 G. XLIII. 220.

g, minder erhaben und zerrissen, als der Rand an der
n Seite. Diese vollkommene Aehnlichkeit sieht Gough
nen vollgültigen Beweis an, daſs die el. Durchbohrung
einzigen Strome, und zwar dem positiven zuzuschreiben
Gilbert macht hierzu die Bemerkung, daſs dieses nur
gelten könne, wenn der von dem hineingesteckten Pfrie-
an der vordern Seite aufgeworfene Rand nicht durch das
sziehen des Pfriemens, welches einige Kraft erfordert,
laſst wird. Pictet meint, die groſse Geschwindigkeit
el. Entladungsstromes, die augenblickliche Retardation,
er in der Materie der Charte erleide und die Trägheit
ben Materie scheine hinlänglich, um die Erscheinung aus
hnellen Hindurchgange eines einzigen el. Stromes zu er-

dessen kommen gerade bei diesem Versuche Erscheinun-
r, die eine solche Erklärung auf keine Weise zulassen.
t man mehrere Karten, durch welche man einen Entla-
schlag gehen läſst, so findet man in der mittleren Charte
ganz feines Loch, wie mit einer Nadelspitze gemacht,
r wenig nach beiden Seiten aufgeworfenem Rande, und
s aus nach beiden Seiten die Charten mit Löchern durch-
aber zugleich mit Zerreiſsungen, die in dem Grade stär-
nd, als die Charten mehr nach auſsen liegen, und die Rän-
ieser Zerreiſsungen von beiden Seiten nach auſsen gerich-
Nach Parrot[1] soll diese Erscheinung beweisen, daſs bei
ereinigung der beiden E. gleichsam in einem Puncte auf
ittlern Charte sich eine gewaltsame Elasticität entwickele,
elcher die beiderseits nach auſsen gerichteten Zerreiſsun-
errühren. Etwas ganz ähnliches zeigt sich auch beim
bruche des Entladungsschlages durch das Glas der Flasche,
wie schon oben bemerkt, in der Mitte ein feines Loch ist,
ch nach beiden Oberflächen des Glases hin mit sich aus-
nder Zerreibung des Glases trichterförmig erweitert. In-
läſst sich die Erscheinung eben so genügend durch eine
abwechselnder Ausgleichungen des + mit dem — von
Seiten her erklären, indem das + von dem einen Con-
her aus dem 0 der ersten Charte des — mit groſser Ge-
und in verhältniſsmäſsiger Menge anzieht, wovon die Zer-

1 Entretiens sur la Physique V. 101.

reifsung der äufsersten Charte abhängt, die nach dem + ri-
richtet seyn mufs, das freigewordene — das + aus dem
zweiten Charte und so fort, und eben so von der ander
her auch das — das + des 0 von der äufsersten Charte, da
gewordene — des 0 dieser Charte, das + des 0 der zw
Charte u. s. f., wo allerdings die Zerreifsungen abnehmend
müssen, weil jedes in der Reihe folgende ± an Quantität
niger beträgt, als das ∓, durch welches dasselbe erregt
gezogen worden, weil es sonst aus seinem 0 nicht h
gemacht werden können. Auf keinen Fall lassen si
Erscheinungen mit einem einseitigen Strome von dem
Conductor aus in Uebereinstimmung bringen.

Noch ein anderer Versuch über die Durchbohr
Charten oder Papierblättern, welchen Tremery[1] ange
findet seine genügende Erklärung in der Annahme zw
Ströme, und ist dagegen mit derjenigen eines einseiti
Stromes nicht verträglich. Wenn man eine starke el. E
durch mehrere auf einander liegende Blätter Papier
gehen läfst, so liegen die Mittelpuncte aller einzelnen L
meistentheils in einer geraden Linie. Wenn man
während die übrigen Umstände die ganz gleichen ble
nen Streifen Stanniol in die Mitte zwischen die Pa
legt, so findet man nach der Entladung zwar ebenfalls di
zelnen Blätter des Papiers durchlöchert, jedoch mit dem U
schiede, dafs die geraden Linien, die durch die Mittelp
der Löcher derjenigen Blätter geht, welche oberhalb des S
niolstreifens liegen, nicht mehr die Verlängerung der g
Linie ist, die durch die Mittelpuncte aller Löcher der u
Blätter geführt wird; beide machen vielmehr einen Wink
der geraden Linie zwischen der Durchbohrung in dem o
und in dem untersten Blatte. Aus dieser relativen Neig
obern und untern Schlufscanals folgt, dafs der Stanniolst
Fig. 60. in zwei verschiedenen Puncten durchbohrt wird. Es sey
das Heft Papier und a b der Stanniolstreifen. Durch c
Mitte von a b ziehe man p q senkrecht auf a b, v und r
zwei von der senkrechten p q gleich entfernte Puncte, in
chen sich die Kugeln eines allgemeinen Ausladers befinden
gen, der mit einer Batterie verbunden sey. Die eine z

1 G. XXXII. 31.

sich mit +E, indem sie mit der innern Belegung einer ...ie in Verbindung stehe, die positiv geladen werde; die ...e Kugel r werde eben so mit —E erfüllt, indem sie mit ...ufsern negativen Belegung zusammen hängt. So wie nun + und — E im Momente der Entladung sich in die Ku... v und r ergiefsen, streben sie, einen Theil der natürlichen ...n Streifen ab zu zersetzen. Da sich aber die Theilchen ...einzelnen entwischten Flüssigkeit wechselseitig abstofsen, ...d sie die Theilchen der andern anziehen, so ist leicht ...ehen, dafs die Hälfte ac des Streifens mit negativer und ...älfte bc mit positiver E. geladen werden mufs. Es sey ... o der Mittelpunct der Kraft für ac und o′ für bc. Die ...ve E. der Kugel v wird durch zwei Kräfte sollicitirt, de... ...ichtungen durch die Linien vr und vo ausgedrückt sind, ...nicht blofs die negative E. der Kugel r sondern auch der ...diesem Fluidum gleichfalls erfüllte Theil ac des Stanniol... ...fens ziehen dieselbe an. Eben so findet für die negative ...er Kugel r eine Anziehung nach der Richtung rv und eine ...ite nach ro′ statt. Streng genommen wird aber eigentlich ... der beiden E. in v und in r von drei Kräften sollicitirt, ... in der That wirkt die positive E. der Ladung des Theils ...uch noch zurückstofsend auf die positive E. von v, so wie ... negative E. des Theiles ac das gleichnamige Fluidum in r ...ofsen mufs.

Es folgt hieraus, dafs man sich füglich die positive E. der ...el v als von zwei Kräften zugleich sollicitirt denken kann, ...n Richtung und Intensität durch die Linien vr und vn aus...ückt werden, indem vn nur einen sehr geringen Winkel ...der Linie vo macht. Eben so verhält sich die Sache in ...ehung auf die negative E. in r. Wenn man nun zu vr ...vn als Seitenkräften des Parallelogramm vrmn construirt ... eben so auf der andern Seite das Parallelogramm rvm′n′, ...eigt sich, dafs die positive E. von v aus sich nach der ...gonale vm, und die negative E. von r aus nach der Diago... ...e rm′ bewegen werden. Wenn die erste den Weg vz und ...andere den Weg rz′ durchlaufen haben, gleichen sie sich ...dem Metallstreifen aus. Es folgt also, dafs die über dem ...nniolstreifen ab liegenden Blätter das Papier so durchboh...n werden, dafs die gerade Linie vz durch die Mittelpuncte ...er Löcher geht und die Linie rz′ auf ihrer Seite durch die

Achse des Canals, den die E. durch die unter a b liegend ter durchbohrt. Da nun r z' nicht in der Verlängerung liegt, so muſs nothwendig der Stanniolstreifen in zwei z und z' durchbohrt werden. Die Entfernung zwischen z' wird gröſser oder geringer seyn, je nachdem man weiter von der senkrechten p q ab oder ihr näher nimmt v und r in der Linie p q selbst liegen, so müssen die puncte beider Löcher in einem einzigen Puncte o zus fließen, womit auch der angestellte Versuch übereinsti dem die beiden Löcher zwei Kreise bildeten, deren P sich durchschnitten. Wie dieser Erfolg mit der The einseitigen Stromes in Uebereinstimmung zu bringen nicht abzusehen.

c. Man hat sich ferner auf die Bewegung einer Fl rufen, durch welche der Entladungsschlag geht. S nämlich eine Wachskerze in den hohlen Cylinder de des allgemeinen Ausladers zwischen die beiden Knöpf den Zuleitungsdrähte, die etwa zwei Zolle von ei stehen, so wird man bei der Entladung die Flamme demjenigen Knopfe getrieben sehen, welcher mit der Seite der Flasche in Berührung steht, zum Beweise, el. Strom nach dieser Seite hin seine Richtung hat. bemerkt aber schon, daſs bei diesem Versuche die Fla gemein schwach geladen seyn müsse, gerade nur so viel sie eben im Stande ist, den Schlag durch den in der Verb leer gelassenen Zwischenraum zu treiben. Ist nämlich di dung zu stark, so geht die el. Materie wegen ihrer el. Kr zu schnell durch die Lichtflamme, als daſs sie derselb merkliche Bewegung mittheilen könnte. Indeſs haben Versuche bewiesen, daſs gerade der umgekehrte Effe findet, wenn man statt der Flamme der Wachskerze die F des Phosphors zwischen die zwei Kugeln des Ausladers l und daſs hierbei alles von der eigenthümlichen, positiv negativ el. Natur der Flamme abhängt, wodurch diese auch vielmehr für die Theorie zweier Materien spricht[1].

d. Einen andern Versuch stellt man mit einer Kor an, welche man in ein zu einer Rinne umgebogenes recht nes Chartenblatt, oder in eine Rinne von wohl ausged

---

1 Vergl. den Artikel: *Elektricität*.

ııfsten Holze auf das Tischchen des allgemeinen Ausladers en die beiden Knöpfe bringt, wovon jeder etwa ¼ Zoll von orkkugel absteht, und dann eine Entladung hindurch Die Korkkugel wird in diesem Falle gegen den Knopf, t dem negativen Belege verbunden ist, getrieben werden. bei diesem Versuche mufs die Ladung der Flasche eben nreichend seyn, den Schlag durch den in der Verbin- liegenden Zwischenraum zu treiben, und überhaupt er- s derselbe eine grofse Genauigkeit und Geschicklichkeit lingen. Da indefs bei diesem Versuche ein Zwischen- on Luft ist, so erklärt er sich leicht auf dieselbe Weise, r Versuch über die Durchbohrung des Chartenblatts. In dünnter Luft würde ohne Zweifel gerade das Gegentheil n, und die Korkkugel von der — nach der + Seite ge- werden.

Man hat sich auch auf gewisse Lichterscheinungen be- namentlich eines Sterns oder Strahlenkegels an einem e luftleer gemachte Flasche hinein ragenden Drahte, um seitige Richtung der E. bei der Ladung und Entladung weisen, indefs hat man dabei ganz willkürlich den Stern Zeichen einströmender E. angesehen.

Aus allem bisherigen sieht man demnach deutlich, dafs scheinungen bei der Entladung und die davon abhängigen ungen, weit entfernt für die Hypothese einer einzigen el. e dadurch neue Beweise zu liefern, dafs diese Wirkun- und Erscheinungen auf eine einseitige Richtung eines ein- n el. Stromes hindeuten, und zwar eines solchen, der von ositiven nach der negativen gerichtet ist, vielmehr einen engesetzten Charakter haben, und zwei el. Ströme oder ungen, die von beiden Seiten gleichmäfsig ausgehen, ver- t. Uebrigens verweise ich am Ende nochmals auf die el: *Schlag, elektrischer*, wo eine nähere Betrachtung merkwürdigsten Wirkungen des Entladungsschlages neue ise für die dualistische Ansicht liefern wird[1]. *P.*

Priestley's Geschichte der Elektricität durch Krünitz. Berlin u. 1772. an mehrern Orten. Beckmann's Beiträge zur Geschichte rfindungen 1ster Th. 4tes St. S. 571. History of the Royal So- by Thomas Thomson. London 1812. Chap. VIII. on Electri- . 429. Die übrige Literatur findet sich im Artikel selbst.

Flaschenzug.

Polyspastus, *polyspaston*; Polyspaste, m *Polyspaston*, *tackle*.

Der Flaschenzug ist eine seit den ältesten Zeiten bel und bis auf die neuesten herab allgemein angewandte m sche Potenz, welche bestimmt ist um gröfsere Lasten mi geringeren Kraft zu heben. Schon Vitruv[2] redet von Werkzeuge als einem bekannten, und Leupold[3] ha die wesentlichsten derselben, aus welchem Werke di spätern Schriftsteller ihre Angaben entnommen haben. lich gehört derselbe in die Mechanik; weil aber fast a bücher der Physik die Beschreibung des Flaschenzug aufgenommen haben, so möge auch hier das Wich diesen Gegenstand kurz mitgetheilt werden.

Es lassen sich zweierlei Arten von Flaschenzüg scheiden, die gemeinen und die Potenzflaschenzüge, gehen von der *Rolle* als ihrem Elemente aus, deren bige Anzahl, auf allen Fall mehr als eine, wenn nische Potenz hervorgehen soll, in die aus hölzern tallenen Scheiben bestehenden Flaschen vereinigt wer gewöhnliche Construction der gemeinen Flaschenzü Fig. 61. dafs 2 oder 3 bis höchstens 4 Rollen in jeder Flasch selben Ebene über einander verbunden sind, und die D schnitte der sämmtlichen Seile und der Rollen, letztere p diculär auf ihre Axen, in eine gemeinschaftliche Ebene Um hierbei den parallelen Seilen neben einander Raum z schaffen, sind die einander näher liegenden Rollen der Flaschen kleiner, die entfernteren gröfser. Wenn die Fl züge zum praktischen Gebrauche etwas gröfser und für Seile geeignet gemacht werden, so darf die Vergröfser Rollen nicht ganz unbeträchtlich seyn, und dennoch die beiden, sich zunächst liegenden, nicht bedeuten werden, wenn die Zahl der Rollen in jeder Flasche dr

---

1 Als Erfinder desselben wird Archimedes genannt. S. N von dem Leben und den Erfindungen der berühmtesten Mathe München 1788. I. 22.

2 De Archit. Lib. X. c. 3 f. p. 231. ed. Rode.

3 Theatrum mach. gen. Cap. III. Tab. XXXV. und XXX

›trägt, und wenn gleich der mechanische Effect der Fla-
:üge mit der Zahl der Rollen zunimmt, so beträgt dieselbe
n gewöhnlichen namentlich im Bauwesen häufig gebrauch-
aschenzügen dieser Art meistens nur zwei in jeder Flasche,
lie erforderliche Kraft wird verstärkt, indem man an das
eil des Flaschenzuges ein oder mehrere Pferde spannt,
dasselbe vermittelst eines Cabestan's aufwindet. Es
it noch hinzu, dafs ein Flaschenzug jederzeit ein so viel
es Seil erfordert, je gröfser die Anzahl der Rollen ist,
ch er kostbarer wird und bei gleicher Geschwindigkeit
ges am Seile die Lasten langsamer hebt, abgerechnet,
e Säule durch den Einflufs der atmosphärischen Feuchtig-
gedrehet werden, und sich am unbelastet hängenden
nzuge nicht selten so in einander wirren, dafs sie nur
ler Mühe aus einander gebracht werden können, insbe-
wenn sie zahlreich und die nächsten Rollen klein von
nesser sind. Endlich ist bei einer gröfseren Zahl von
die Länge beider Flaschen zusammen genommen und
ichtlichere Höhe, wo diesemnach die obere Flasche be-
werden mufs, nicht ganz unbedeutend. Die Zeichnung
den in der Mitte liegenden Flaschenzug mit drei Rollen
r Flasche dar, wonach man sich den mit zwei und den
vier Rollen in jeder Flasche leicht vorstellen kann. Dieser
e wird nicht häufig gebraucht, und der mit einer Rolle
er Flasche kommt überall kaum in Anwendung. Ferner
sich der Regel angemessen das Seil anfänglich an der
n Flasche befestigt; wird dasselbe dieser Regel zuwider
untere Flasche gebunden, so erhält die obere eine Rolle
als diese letztere, die Last aber wird allezeit durch so
Seile getragen, als die Anzahl der Rollen in beiden Fla-
beträgt.

Die angegebene Unbequemlichkeit der eben beschriebenen
chenzüge, nämlich dafs die Rollen beträchtlich ungleich an
e seyn müssen, wenn man deren drei oder vier in jeder
che anbringen will und die Seile sich nicht an einander
en sollen, führte auf den Vorschlag, sie sämmtlich von
her Gröfse zu machen, und in horizontaler Lage neben
nder zu legen. Diese übrigens sinnreiche Einrichtung hat Fig. 62.
i Mängel, zuerst nämlich wirkt der Zug am Seile zunächst
ct auf die eine Rolle an der einen Seite jeder Flasche, und

bis derselbe sich durch alle Seile fortpflanzt, kommen schen in eine schiefe Richtung, welches die Wirksa Apparates hindert, und zweitens sind alle Rollen auf zigen Axe befestigt, welche daher entweder sehr s muſs oder sich in der Mitte leicht biegt. Dem letzte gel wird leicht abgeholfen, wenn man die beiden B Flaschen oben und unten mit einem hinlänglich stark stücke verbindet, und jede Rolle von der andern d hiergegen gestütztes Blech von der erforderlichen Dick der erstere aber verhindert, daſs man nicht füglich zwei bis höchstens drei Rollen in einer Flasche anbring insbesondere wenn sie wegen der starken Taue be Lasten, wie z. B. auf Schiffen, nicht schmal seyn dürf gleich vorzüglicher sind daher zwei andere von dem J. SMEATON[1] angegebene Einrichtungen, worin er di so eben erwähnten Arten zu vereinigen suchte. Die stattet die Zahl der Rollen beliebig zu vervielfältigen, den Vortheil, daſs beide Enden des Seiles in die M Flaschen treffen, wenn die Zahl der neben einander Rollen eine ungerade ist, wie sich dieses gehört. In
Fig. 65. beiden Flaschen befinden sich dann zwei Reihen vo von denen die einander zunächst stehenden kleiner sin von einander entfernteren. Indem übrigens die Zeich Sache vollkommen deutlich macht, so würde jede wei schreibung überflüssig seyn, und verdient bloſs noch zu werden, daſs die eingeschriebenen Zahlen diejenig len bezeichnen, über welche in der angegebenen Rei das Seil gezogen wird, indem es bei der Rolle unter 1 und am Haken 21 endigt. Die zweite Einrichtung d von Flaschenzügen unterscheidet sich nur durch die Abä daſs die Axen der beiden Reihen von Rollen in jeder sich in zwei rechten Winkeln schneiden. Es ist da erforderlich, daſs die Rollen von ungleicher Gröſse s doch werden die einander zunächst gegenüberstehend stens etwas kleiner gemacht. Eine Vorstellung von die richtung erhält man leicht, wenn man sich denkt, da Figur die beiden Backen, welche die einander zunächst den kleineren Rollen einschlieſsen, rechts um einen Qu

1 Ph. Tr. XLVII. 494.

ıgedrehet werden, indem dann das Seil in der angezeigten ung so durchgezogen wird, wie die Reihenfolge der Zahngiebt, jedoch so, daſs es über die Rolle bei 6 hineinget und durchgezogen über die andere Rolle so geschlungen en muſs, daſs es bei der Zahl 7 wieder herauskommt u. s. w.

Eine individuelle Species dieser Art verdient noch eine beere Erwähnung, weil sie sehr gut im kleinen Umfange aushrt werden kann, und dann Eleganz mit Wirksamkeit und emlichkeit verbindet, zugleich aber zur Demonstration glich brauchbar und namentlich für Chirurgen zum Einten verrenkter Glieder mit Nutzen anwendbar ist. So wie diesen Flaschenzug aus einem in England verfertigten und nehmend schön von Silber und Stahl gearbeiteten Exemplare einem französischen Arzte kennen lernte, und seitdem wieholt aus Stahl und Messing nachbilden lieſs, besteht derselbe aus Fig. 64. ei Flaschen, nur etwa 3 Z. lang, die untere mit 4 Rollen, wei mit rechtwinklich über einander liegenden Axen, die den nach oben gekehrten Rollen 1 Z. die beiden untern 1,25 Z. Durchmesser haltend; die obere Flasche dagegen hat 5 Rollen, en Gröſse den eben angegebenen correspondirt, so daſs beiden unteren die kleineren, die drei oberen die gröſseren d. Einige Schwierigkeiten hat das Einziehen des Seiles, an man den Apparat nicht genauer kennt; es geschieht, inm man das Ende des Seiles über der oberen Rolle bei 1 einkt, dann unter der oberen Rolle der unteren Flasche wieder uskommen läſst und auf gleiche Weise nach der Reihenfolge Zahlen fortfährt, wonach das letzte Ende bei 9 wieder herkommt, und mit dem bei 1 hervorstehenden anderen Ende h einen Knoten vereinigt wird. Hiernach ist das Seil an er der Flaschen ursprünglich festgeknüpft, und der Flanzug gewährt die Eigenthümlichkeit, daſs die bewegende ft an jedes der beiden Seil-Enden bei 1 oder bei 9 angeeht werden kann, oder an beide zusammen, und da hiernach weder ein oder zwei der acht Seile in Bewegung gesetzt wer-, woran die Last hängt, so ist im ersten Falle $\frac{1}{8}$, im zweiten ls bewegende Kraft erforderlich, um das Gleichgewicht hertellen, wie die Erfahrung mit der Theorie vollkommen überstimmend zeigt. Bei so kleinen, vorzüglich gut gearbeiteten, emplaren beträgt die Dicke der Backen bei den Flaschen etwa

1 Lin., der Rolle nahe 1,25 Lin., und wenn dann zum S
eine gute seidene Schnur gewählt wird, und die stähl
Haken hinlänglich stark sind, so kann eine Last von
200 ℔ oder 400 ℔ mit diesem kleinen Flaschenzuge geh
werden, vorausgesetzt, dafs das einfache Seil 50 ℔ trägt,
man im ersten Falle an beiden, in letzterem an einem S
zieht, die Reibung vorläufig nicht gerechnet.

Der Flaschenzug, auf dessen Erfindung sich J. White
Patent geben liefs, war zunächst darauf berechnet, die
bung zu vermindern, welche die einzelnen Rollen an
berührenden Blechen der Kloben erleiden, wenn deren
rere parallel neben einander liegen. Er substituirt
Fig. 65. her statt einer beliebigen Anzahl solcher einzeln bew
chen Rollen einen Kegel mit eingeschnittenen Rinnen,
festigte diesen statt der Flasche in einen Bügel, und zw
letztern von gleicher Beschaffenheit ersetzten dann den vo
digen Flaschenzug. Aus der Zeichnung ist ersichtlich,
das erste Ende des Seiles an dem einen Ende des obern
befestigt wird, dann um die schmalste Rinne des unter
gels läuft, und von hier abwechselnd um die gröfseren d
ren und unteren Kegels, bis das letzte Ende desselben die
dickste Seite des Kegels umschlingt. Um die hierbei zum
liegende Theorie zu verstehen, darf man sich nur vor
dafs jede einzelne Rinne der Kegel eine für sich beweg
Rolle von abnehmenden Durchmesser bilde. Würde dann
letzte Ende des Seiles mit der erforderlichen Kraft herabge
gen, so werden alle Seile zwischen der gesammten Zahl
Rollen verkürzt, alle Verkürzungen der gesammten Seile
aber über die letzte Rolle, über die nächstfolgende läuft
weniger, über die dann zunächstfolgende wieder eine we
und so fort, bis ans entgegengesetzte Ende der kegelförmig
einander gereiheten Rollen. Wenn nun die Peripherien,
somit auch die Durchmesser der einzelnen Rollen im gleic
Verhältnisse abnehmen, als die über sie laufenden Seillän
so wird die Zahl ihrer Umläufe gleich seyn, und man darf
also an einander fest machen, oder statt ihrer einen Kegel
Rinnen substituiren. Man darf also nur den Kegel von belie
ger Höhe in so viel gleich hohe Theile abtheilen, als er einz
Rollen ersetzen soll, ihn bei jeder Abtheilung cylindrisch abdre
hen, und in alle diese cylindrische Theile Vertiefungen vo

cher Tiefe einschneiden, zwei solche ganz gleiche Systeme wachsenden Cylindern mit ihren Axen in den Bügeln befe-n, und das Seil auf die angegebene Weise über die ent-denen Vertiefungen schlingen, so ist der Flaschenzug her-llt. Obgleich diese Idee im Ganzen sinnreich ist, und die kommende, als gleichmässig vorausgesetzte, Dicke des s das Princip nicht abändert, so erfordert dieser Flaschen-doch eine genaue Fabrication, ein ganz gleichmäſsiges Aus-fen der Rinnen, und weil auſserdem die bewegende Kraft ie eine Seite desselben wirkt, er daher leicht schief gezo-wird, die Seile sich auſserdem da, wo die Durchmesser Vertiefungen kleiner sind, leicht verwirren, und endlich h einen schiefen Zug und eine momentane Lockerheit wohl n eine nächstniedrigere Vertiefung herabgleiten können: so r nicht sehr in Gebrauch gekommen. Noch weniger ist die-der Fall bei einer Verbesserung, welche SHULDHAM [1] in schlag brachte. Dieser befestigte nämlich in jedem Bügel i mit ihrer Basis verbundene Kegel, welche nach beiden en auf gleiche Weise abnehmende Vertiefungen hatten, be-igte die beiden Enden des Seiles an den beiden unteren ilen des oberen Bügels, führte dasselbe dann über die chmäſsig zunehmenden Vertiefungen der Kegel zuerst im ren und dann im oberen Bügel, so daſs die vereinte Mitte mmen in zwei Strängen über die beiden Vertiefungen an gemeinschaftlichen Basis beider oberen Kegel herabgezogen de. Daſs hierdurch die mechanische Wirkung des Fla-zuges nicht vermehrt wird, obgleich er ein Seil von dop-r Länge erfordert, ist aus dem oben gesagten klar, weil an Seilenden zugleich gezogen wird, jedoch erfordert das zum Tragen einer gleichen Last nur die Hälfte der Stärke, zugleich wird das Schiefziehen vermieden. Uebrigens t er die von jenem angegebenen Mängel.

Um die Reibung aufzuheben, that GARNETT [2] den Vor-ag, und lieſs sich ein Patent darüber geben, die Spindeln Rollen nicht in Löchern laufen zu lassen, sondern in einem ise von Frictions-Rollen, welche er in die doppelt gemach-

1 Transact of the Soc. for the Encouragement of Arts Manufact. XXIV. 189.

2 T. Cavallo ausführliches Handbuch der Experimental-Naturre. A. d. F. von Trommsdorf. Erf. 1804. 8. I. 272.

ten Backenstücke der Flaschen einsenkte. Dafs die F züge schon deswegen eine verhältnifsmäfsig nicht geri bung haben, weil die Durchmesser der Rollenaxen d gen Stärke wegen nicht eben klein seyn dürfen, ist a richtig, und eben so wenig wird jemand in Abrede stell Frictions-Rollen ein sehr geeignetes Mittel sind, dem Reibung entstehenden Hindernisse der Bewegung im A nen abzuhelfen, allein bei einem Flaschenzuge werden weder zu klein seyn müssen, oder das ganze Werkze sehr zusammengesetzt und zu unförmlich dick ausfall trete daher unbedingt der Meinung derjenigen Schriftst welche die Anwendbarkeit der Frictions-Rollen bei F zügen für unzulässig halten.

Die zweite Art von Flaschenzügen sind die Pote schenzüge, deren Benennung aus der später zu erörtern ihres mechanischen Effectes entnommen ist. Als wese Unterschied beider Arten von Flaschenzügen ist anz dafs bei der gemeinen die obere Flasche unbeweglich, tere dagegen beweglich ist, und dafs das Seil an einer schen oder blofs durch Umschlingen um die Rollen festsi den Potenzflaschenzügen dagegen nur eine, in der Re letzte Rolle unbeweglich ist, während meistens die säm einzelnen Seile mit ihrem einen Ende an einen unbew Körper festgeknüpft werden. Einen Uebergang zwisch
Fig. 66. den Arten bildet die doppelte Rolle, deren Constructi Wirkungsweise aus der Figur ersichtlich ist, und w geeigneten Fällen leicht und mit Vortheil in Anwend bracht werden kann. Eben so leicht wird die Beschaffen
Fig. 67. Potenzflaschenzüge aus der blofsen Zeichnung erkannt. fen hier die einzelnen Seile, in einer gemeinschaftliche calen Ebene liegend, mit einander parallel herab, und an einem besonderen Halter mit dem einen Ende befesti rend der andere durch den Bügel der nächsten Rolle wird. Dafs dieses nicht alles durchaus nothwendig sey, sich von selbst; indem namentlich auf Schiffen, wo d Flaschenzüge zum Heben grofser Lasten auf eine gerin am meisten gebraucht werden, oft die Möglichkeit nic handen ist, jedes einzelne Seil auf die angegebene W befestigen. Nicht selten werden sie dann sämmtlich i gemeinschaftlichen Puncte vereinigt festgemacht, so da

letzte Rolle, über welche das Endseil geht, ebendaselbst
tigt ist. Wie ein solcher dann aussehe, kann man sich
ohne Zeichnung leicht vorstellen.

Als eine Art umgekehrten Potenzflaschenzuges ist derjenige Fig. 68.
sehen, bei welchem die letzte Rolle, über welche das Ende
rsten Seiles herabgeht, beweglich, das andere Ende des Sei-
aber festgemacht ist. Nach dieser letzten Einrichtung ge-
t er unter die Classe der Potenzflaschenzüge, insofern aber,
e obere Rolle fest, die untere mit der zu hebenden Last
gen beweglich ist, gehört er zu den gemeinen Flaschenzü-
mit denen er auch rücksichtlich seiner Wirkung überein-
mt. Indem er aber die Lasten nur zur Hälfte der Höhe
, als bei den letztern der Fall ist, so kann er wegen die-
schränkteren Brauchbarkeit nicht empfohlen werden. Eben
m Fehler unterliegt die folgende Abänderung, welche rück- Fig. 69.
lich der Festigkeit der oberen Rolle, der Beweglichkeit
unteren und in so fern die Seile mit keinem Ende außer an
Flaschen der Rollen selbst befestigt sind, mehr den gemei-
beizuzählen ist, zugleich aber einen größern Effect hat,
die letzteren. Wegen des gerügten Fehlers der geringeren
he, wozu die Lasten vermittelst desselben gehoben werden
nen, verdient auch dieser keinen Beifall. Dem eigentlichen
nzflaschenzuge wesentlich zugehörend und an mechanischem
cte ihn noch übertreffend ist der weniger bekannte, bei Fig. 70.
chem die Last an den vereinten Enden aller Seile befestigt
blofs die Flasche der oberen Rolle unbeweglich gemacht wird.
er nach der Zahl der Rollen die gröfste Last hebt, so ver-
t er vorzügliche Empfehlung, und selbst darin liegt kein
ntliches Hindernifs seiner Anwendbarheit, dafs die verein-
Seilenden sich leicht zusammendrehen werden, denn da
gemeinschaftlich in die Höhe steigen, so bringt dieses dem
hanischen Effecte keinen Nachtheil, und die einzige daraus
achsende Unannehmlichkeit ist nur diese, dafs die aufge-
ndenen Lasten sich gern um eine verticale Axe zu drehen pfle-
n, welches aber ohne bedeutende Schwierigkeiten leicht ver-
dert werden kann.

Die *Theorie* der Flaschenzüge oder die Bestimmung ihres
fectes bei gegebener Kraft ist sowohl bei den gemeinen als
n Potenzflaschenzügen sehr einfach und unter den Mechani-
rn durchaus nicht streitig. Wenn man von der Steifheit der

wirkt. Im Ganzen verhält sich also die Last zur Kraft $2 \times 2 + 1 : 1 = 5 : 1$. Am wirksamsten unter allen Flaschen-
Fig. 70. zügen ist der letzte, ein eigentlicher Potenzflaschenzug, in welchem die Zahl der Rollen noch obendrein willkürlich vermehrt werden kann. Um seine Wirkungsweise zu versinnlichen, denke man sich die oberste Rolle als unbeweglich und bloß zur Aenderung derjenigen Richtung bestimmt, in welcher die bewegende Kraft ihre Wirkung äufsert, wie dieses bei der einfachen Rolle der Fall ist. Die auf die unterste bewegliche wirkende Kraft äufsert sich auf beide Seilenden derselben, ist also in Beziehung auf den Effect, womit diese Rolle das tragende Seil herabzieht, doppelt, wozu noch die einfache Wirkung auf das an die Last geknüpfte Seil kommt, mithin ist sie im Ganzen dreifach; die hierdurch erzeugte Gesammtkraft wird durch die folgende Rolle abermals verdoppelt und um 1 vermehrt, ist also $= 7$, durch eine dritte bewegliche findet das Nämliche statt, und sie wird also $= 15$. Heifst demnach die Zahl der beweglichen Rollen n, so verhält sich die Last zu der das Gleichgewicht erzeugenden Kraft $= 2^{n+1} - 1 : 1$.

Der in der Mechanik überall anwendbare, seit Galilei allgemein bekannte Hauptgrundsatz, dafs bei bewegenden Kräften, namentlich beim Hebel und dessen zahlreichen Anwendungen, die von denselben durchlaufenen Räume und somit auch die Geschwindigkeiten zu den von den Lasten durchlaufenen Räume und folglich auch deren Geschwindigkeiten in einem umgekehrten Verhältnisse stehen, findet auch bei den Flaschenzügen Anwendung. Hiernach wird also derjenige Weg, welcher das letzte Ende des Seiles, oder das hieran als bewegende Kraft geknüpfte Gewicht, zurückzulegen hat, sich zu dem von der bewegten Last durchlaufenen verhalten wie die Gröfse der bewegten Last zu der Gröfse dieses bewegenden Gewichts. Bei den gemeinen Flaschenzügen findet man also diesen, von dem bewegenden Gewichte durchlaufenen Raum oder seine Geschwindigkeit, wenn man diese der bewegten Last zugehörigen Gröfsen mit der Zahl der Seile multiplicirt, worauf die Last vertheilt ist. Dafs dieses wirklich der Fall sey, folgt schon einfach daraus, wenn man berücksichtigt, dafs die Verkürzungen der gesammten Seile beim Heben der Lasten über die letzte Rolle laufen, und daher der Zahl dieser Seile proportional seyn müssen. Bei dem oben angegebenen zweiten *Smeaton'schen* Flaschen-

läſst sich dieses Theorem sehr gut daraus erläutern, wenn zeigt, daſs entweder die beiden Enden der Seile jedes mit gleich langen Theile über beide obere Rollen laufen, oder nach Festknüpfung des einen Endes die ganze Verkürzung die eine dieser Rollen läuft, wonach also im letzteren die Geschwindigkeit dieses Seiles doppelt so groſs, die Heben der Last erforderliche Kraft aber nur halb so groſs Auf gleiche Weise kommt dieses Gesetz bei den Potenzenzügen in Anwendung, und es muſs daher bei der ersten lichen Rolle die Verkürzung beider Seilenden durch eite bewegliche Rolle gehoben werden, mithin der von durchlaufene Weg der doppelte derjenigen Höhe seyn, cher die Last gehoben wird, und da dieses nämliche von eiten beweglichen Rolle in Beziehung auf die erste gilt, chst der von dem bewegenden Gewichte durchlaufene nach den Potenzen der beweglichen Rollen. Indem die-Grundsatz also als allgemein gültig anzusehen ist, so kann umgekehrt die Wirksamkeit eines Flaschenzuges aus dem hältniſs der Räume nachweisen, welche von den bewegen-Gewichten und den gehobenen Lasten durchlaufen werden, dieses unter andern durch LESLIE[1] bei dem zuletzt beschrie- F wirksamsten Flaschenzuge geschehen ist. Denken wir uns 7 ach die oberste bewegliche Rolle zuerst für sich, so wird das sie geschlungene herabgehende Seilende zuerst um so viel bgehen müssen, als die Last steigt; weil aber zugleich die selbst um einen gleichen Theil des Raumes herabsinkt, ird der durchlaufene Raum hiernach verdoppelt, und weil ich die Rolle hierdurch der Last um einen gleichen Theil ert wird, so muſs die Summe der durchlaufenen Räume dreifacher desjenigen seyn, um welchen die Last gehoben Eben diese Demonstration gilt von der zweiten beweglin Rolle, wenn man die erste bewegliche als ruhend betrachmithin ist der von dem über diese herabhängenden Seile durchlaufene Raum der dreifache desjenigen, um welche die Last gehoben wurde, und wenn jene erste als belich betrachtet wird, ein sechsfacher, wozu die erste Heder Last mit 1 hinzukommt, folglich im Ganzen ein siecher u. s. w. Es folgt hieraus, daſs man bei den ge-

1 Elements of Nat. Philos. I. 178.

meinen Flaschenzügen zwar durch Vermehrung der Rollen Seile an Kraftaufwande gewinnt, eben so viel aber an Geschwindigkeit verliert, womit die Last gehoben Hiernach läfst sich dann auch die gesammte Länge des Se berechnen, welche erforderlich ist, um eine Last vermit eines Flaschenzuges von gegebener Zahl Rollen auf eine stimmte Höhe zu heben. Heifst diese Höhe h, die Zahl Seile, woran die Last hängt n, der Abstand der Axen ersten Rollenpaares dann, wenn die Enden der Flaschen berühren, a, des zweiten a′ u. s. w. der Umfang der Rolle p, der zweiten p′ u. s. w. und geht endlich da woran gezogen wird, von der obersten Rolle wieder Boden herab, so ist die ganze Seiles-Länge

$$= 2(a + a' + a'' + \ldots + a^{\frac{n}{2}}) + (p + p' + p'' + \ldots + p^{\frac{n}{2}}) + h(n$$

Bei den gewöhnlichen Potenzflaschenzügen hört das Empor ben der Last auf, wenn die erste bewegliche Rolle sich obersten unbeweglichen genähert hat, bei dem zuletzt beschr benen, wenn dieselbe mit der die Last unmittelbar tragenden Berührung gekommen ist. Der Gebrauch der Potenzflaschen-züge, so grofse Lasten auch mit verhältnifsmäfsig geringer Kraft durch dieselben gehoben werden können, ist aber in sofern sehr beschränkt, als sie nicht gestatten, die Lasten zu einer beträchtlichen Höhe zu fördern. *M.*

Fliegen.

Das Fliegen, der Flug; *Volare;* Voler; *to fly* bezeichnet den unterscheidenden Vorzug der Vögel, durch Schlagen der Luft mit den Flügeln sich in derselben schwebend zu erhalten und fortzubewegen. Es ist dieses eine von den vielen Erscheinungen, die täglich vor unsern Augen vor sich gehen, deren vollständige Erklärung jedoch eine der schwierigsten Aufgaben der mechanischen Physik ausmacht.

Der Erste, welcher sich mit dem Fluge der Vögel auf eine gründliche Weise beschäftigte, ist der neapolitanische Professor Borelli in seinem an scharfsinnigen und neuen Untersuchungen so reichen Werk *de motu animalium.* Was Nieuwentyt in seiner Weltbeschauung über diesen Gegenstand vorbringt, ist nur von Borelli entlehnt, und zwar nicht zur Erklärung der Erscheinungen, sondern nur in so weit es zu seinem Zwecke

Weisheit des Schöpfers in seinen Anordnungen ins Licht zu ...en, tauglich seyn mochte. Borelli[1] geht von der anato...chen Untersuchung der Flügelknochen und ihrer Befestigung ... Er macht auf die Verschiedenheit in der Structur des ...lterblattes aufmerksam, das bei den gehenden Thieren ein...ist, bei den fliegenden hingegen, aus zwei unter einem ... spitzen Winkel vereinigten Stücken besteht, von denen ...eine durch mehrere Muskeln an den Rippen des Rück...s festsitzt, das andere durch feste Bänder mit dem Brust... zusammen hängt. Der Scheitel dieses Winkelstückes trägt ...Pfanne, in welcher der Oberarm des Flügels sich bewegt; ...diesen folgt der Doppelknochen des Ellbogens und das Hand...ke. Die Länge dieses Flügelknochens ist je nach der Be...ung des Vogels verschieden; bei den Fliegern, wie Ad..., Schwänen, Schwalben, beträchtlich; (oft länger als der ...e Körper) geringer bei der Henne, am unbedeutendsten ...m Strauſse. Er weist ferner auf den zarten Röhrenbau der ...ochen des Vögels hin als Beförderungsmittel der Leichtigkeit ...d Festigkeit, und erörtert die merkwürdige Structur der Fe...n zur Durchschneidung und Aufhaltung der Luft. Sodann ...gt er die Möglichkeit des Fliegens aus der Elasticität der ...rch den Flügelschlag comprimirten Luft, die wie ein fester ...den widerstrebe, und erklärt den Flug für eine zusammenge...zte Bewegung, „*aus schnell wiederholten Sätzen durch ... Luft*". Die Brustmuskeln, die beim Menschen nur etwa ... sechzigsten Theil der übrigen Muskeln ausmachen, klein ...d wenig fleischig sind, betragen beim Vogel an Ausdehnung, ...ft und Gewicht mehr als alle übrigen zusammen. Selbst das ...stbein, das bei jenen ganz flach ist, ist bei diesem mit ei...r winkelrecht aufgesetzten Wand versehen, und macht die ...erstätte[2] der gröſsten und kräftigsten Muskeln aus. Diese

1 Joh. Alph. Borelli Neapolitani Matheseos Professoris de Motu ...malium cet. Von diesem classischen Werke sind 7 Ausgaben vor...den; die erste Romae 1680 und 81; die zweite Lugd. Bat. 1685; ... dritte Genevae 1685; die vierte Bononiae 1699; die fünfte Lugd. ... 1710; die sechste Neapoli 1734; die siebente Hagae Com. 1741; ...mtlich in 4to. Ob noch spätere existiren, ist mir unbekannt. S. ...sch. für Astronomie. III. 390. Die Abh. über das Fliegen findet ... auch in Le Clerc und Manget Biblioth. Anat. 1685. Fol. II. ... und 890.

2 Die besten Flieger haben auch in der Regel die höchste und

sind am Gelenke des Oberarms selbst befestigt, und stehen also etwa um ein Sechstel seiner Länge vom Centrum des Hebels ab, während dem sie beim Menschen an der Röhre desselben angeheftet sind: dadurch wird eine allzu starke Ausspannung dieser Muskeln verhindert. Der Deltoides, der beim Menschen zur Erhebung des Armes bestimmt ist, fehlt beim Vogel; seine Stelle vertritt ein dünner, verlängerter Muskel, der durch eine Oeffnung im Gelenke des Schulterknochens den Flügel aufwärts gegen den Rücken zieht; auch die Muskeln der Ellbogen- und Handgelenke, die beim Menschen zu so wichtigen Verrichtungen bestimmt sind, sind bei den Vögeln von geringer Bedeutung. Nachdem BORELLI sich bemüht hat zu zeigen, dass der Schwerpunct des Vogels im untern Theile des Körpers sich finde, bemerkt er ganz richtig, dafs die vom Flügelschlag verdrängte Luftmasse einem körperlichen Sector aus der Fläche des Flügels und seiner Drehung gleich sey, und dafs der Widerstand der Luftmasse im Schwerpuncte dieses körperlichen Sectors sich vereinige [1]. Diesen Widerstand leitet er einerseits von der Reibung der in allerlei Wirbeln in einander bewegten Lufttheile, hauptsächlich aber von ihrer Elasticität her, deren Wirkung mit der Geschwindigkeit des Flügelschlags zunimmt, so dafs, wenn diese der Schnelligkeit, mit welcher die Luft ausweicht, gleich ist, der Vogel schwebend erhalten wird, und je nach dem Verhältnifs dieser beiden Geschwindigkeiten steigt oder sinkt. Durch eine Berechnung, die freilich bedeutenden Einsprüchen ausgesetzt seyn dürfte, hatte BORELLI zu zeigen gesucht, dafs die Kraft der Muskeln, die beim Menschen zum Sprunge erforderlich ist, nahe das 3000fache seines Gewichts betrage; er glaubt nun, nach dem Verhältnifs der Muskeln und der grofsen Leichtigkeit der Vögel die Muskelkraft der Letzteren beim Schlagen der Luft mit den Flügeln so ziemlich aufs vierfache jener Zahl setzen zu können, woraus er folgert, dafs die Muskelkraft der Flügel das Gewicht des Vogels immerhin um zehntausend mal übertreffe. Er widerlegt hierauf die Meinung derjenigen Naturforscher, welche die horizontale Fortbewegung der Vögel mit der Fahrt eines Schiffs

---

fleischigste Brust, ganz das Gegentheil findet sich beim Straufs, der eine wenig erhabene Brust, aber dafür eine beträchtliche Fleischmasse auf dem Rücken hat.

1 In centro gravitatis sectoris solidi.

verglichen, das durch die Ruderschläge vorwärts getrieben ; er bemerkt, daſs diese Voraussetzung der Vernunft und Evidenz zuwiderlaufe, indem die Flügelschläge immer in caler, nie in horizontaler Richtung ſtatt fänden, und er hingegen das Vorwärtsausweichen aus der Biegsamkeit der m, vermöge welcher die Flügel beim Schlagen der Luft, n Enden aufwärts gekrümmt, die Gestalt eines Keiles anen, an dessen schräger Fläche der Widerstand der Luft in ontale sowohl als verticale Abtreibung sich zerlege. Der nz diene dem Vogel nicht zur Seitenlenkung, wie die Philosophen meinten, indem er nicht wie das Steuer eichiffes vertical gestellt sey, sondern nur in horizontaler sich ausbreite. Tauben, die man der Schwanzfedern be wissen sich dennoch gut umzuschwenken, so wie auch ledermäuse, denen dieses Werkzeug ganz abgeht. Der wanz diene nur zum Auf- und Niedersteigen, die Seitenung hingegen werde durch verstärktes Schlagen und gröſsere Ausbreiten des einen Flügels bewirkt, wodurch der Körper der äuſsern Seite mehr gehoben und schneller fortbewegt, hin um den weniger thätigen Flügel als Ruhepunct gedreht de; die Wendung des Kopfes und Halses habe hieran durchkeinen Antheil. Wenn die Kraft, fährt Borelli fort, mit cher der Vogel aufwärts steigt, seiner Schwere das Gleichicht hält, so kann er wohl eine Zeitlang in der Luft horital dahin schweben, ist aber bald wieder genöthigt, durch ge Flügelschläge die schwindende Wurfkraft zu ersetzen, i ihm der Widerstand der Luft durch Aufhalten des Falles tatten kommt, so wie eine dünne Stahlfeder, im Wasser, sie nicht nach der Schneide fallen kann, nur langsam ersinkt. Eben dieser Wiederstand wirkt auch beim Niederen einem allzuraschen Anstoſse auf den Boden entgegen, m der Vogel seinen Schweif möglichst ausbreitet, und hl auch durch ein Paar schnelle Schläge der Flügel die Fallft zu mäſsigen sucht. Daſs *Menschen* sollten fliegen können, t Borelli für unmöglich, vorzüglich deswegen, weil es nen an den dazu nöthigen Brustmuskeln gebreche. Diese müſs der Analogie zufolge etwa den sechsten Theil vom Gewichte s menschlichen Körpers betragen, und mit den Armen eine aftäuſserung ausüben können, die das Gewicht des Körpers zehntausendmal überträfe, da sie jetzt kaum den hundert-

sten Theil jenes Gewichts zu tragen vermögen. Der Vo
mit Hülfe einer luftleeren Blase oder hohlen Kugel aufzu
sey eben so wenig ausführbar. Diese müfste von beträc
Gröfse und von Metall seyn, könnte aber weder mit
einem pneumatischen Apparate, noch auch durch Füll
Quecksilber luftleer gemacht werden; und der Druck d
würde ein solches dünnes Gefäfs bald zusammendrücken.
Wenn alles dieses zu erreichen stände, so würde die Ku
weder zu schwer bleiben, und an der Erde kleben, o
Fall sie zu leicht wäre, sich in die Region der Wolken e
und gleich diesen ein unlenksames Spielwerk der Wind
Man sieht, dafs Borelli gleich bei der ersten Unter
keinen wesentlichen Umstand übersehen, die Erscheinung
aufgefafst, und mit beifallswürdigen Erklärungen beg
Eine eigentliche Theorie des Fluges war von dem
Bestande der Mechanik nicht zu erwarten. Diese wu
100 Jahre später von dem Preufsischen Consistorialrath
Silberschlag[1] versucht. Seine Abhandlung ist jedoch
durch die eingestreuten zahlreichen praktischen Bem
als von theoretischer Seite interessant. Ein Mifsgriff
gleich zu Anfang derselben macht, leitet ihn auf den
fallenden Satz: „dafs der Widerstand der Luft sich
Cubi der Geschwindigkeiten der in ihr bewegten Körper ve
Das specifische Gewicht des Vogels wird = 1, und da
der Luft zu $\frac{1}{900}$ angenommen, weil, wie der Verf. sic
drückt, die Vögel meist in höherer und dünnerer Luft
ben. Von der Lage des Widerstandspunctes ist keine
und die Geschwindigkeit des Flügels wird auf den
bezogen, den seine äufserste Spitze durchläuft. So u
chend diese Theorie ist, so schätzbar wird dagegen S
schlag's Arbeit durch mancherlei eingestreute praktis
merkungen und besonders durch die Data, die er über d
eines zahmen Adlers mittheilt. Dieser wog 8 ℔ und sc
am Fufs eine vierpfündige Kugel nach; die Länge seiner
von Spitze zu Spitze (den Leib mit inbegriffen) bestim
zu 6 Fufs (Rheinl.?) ihre Breite zu 1¼ F. Den Schwingun
des Flügels setzt er auf 19 Zoll vom Gelenke ab, die

1 Schriften der Berl. Ges. Naturforsch. Freunde 1734. S. 214 — 270.

ie Brustmuskeln am Flügelarm angewachsen sind zu ¼ Zoll: us berechnet er, da das halbe Gewicht des Adlers mit der 1 6 Pfunde betrug, die Muskelkraft eines Flügels bei jedem ge auf 152 Pfunde, also nur auf das 38fache seines Ge- s, was freilich von BORELLI's übertriebener Schätzung absteht.

Ungleich vollständiger und wissenschaftlicher behandelte n Gegenstand der Akademiker NIC. FUSS in den Petersbur- nkschriften vom J. 1799. [1] Nachdem er die wesentli- estimmungsstücke des Fluges für irgend eine beliebige der Flügel hergeleitet hat, bleibt er bei der Figur eines Fig. 71. s stehen, dessen Eckpuncte das Schultergelenk des Flü- , das Ellbogengelenk P und seine Endspitze Q sind; und seine Formeln auf die von SILBERSCHLAG gegebenen . Endlich widerlegt er die Meinung REINHOLD FOR- [2], dafs der Vogel eine Art Luftballon sey, welcher durch Verdünnung der Luft in den Knochen, und durch Füllung lben mit einem durch den Respirations-Procefs erzeugten en (phlogistisirten) Gase, sich erhebe. Es sey p das Ge- t eines Volumens Wasser von der Gröfse des Vogels und n, wie FORSTER annimmt, ein Fünftel dieses Volumens in ungen und Luftbehältern besteht, so wäre das Gewicht Vogels (vorausgesetzt, dafs die Höhlungen atmosphärische enthalten) $= \frac{4}{5} p + \frac{\frac{1}{5} p}{800}$, oder wenn sie gar mit einem al leichtern Gase gefüllt wären $= \frac{4}{5} p + \frac{\frac{1}{5} p}{10.800}$ mithin ist nterschied des geringsten Gewichts des Vogels, und des sten der umgebenden Luft $= \frac{4}{5} p + \frac{\frac{1}{5} p}{10.800} = \frac{1}{800} p = \frac{31951}{40000}$, er Vogel bleibt dem ungeachtet noch um 0,8 seines Ge- s schwerer als die Luft, die ihn tragen soll. Selbst bei nglaublichen Voraussetzung, dafs der Vogel nicht schwe- ey, als die Luft nahe an der Erde, würde ihn doch die istisirung der Luft in seinen Knochen um $\frac{1}{10}$ nicht höher Fufs erheben.

---

1 Nova Acta Soc. Scient. Imper. Petrop. Tom. XV. 1806. p. 88.

2 Neue Theorie über den Flug der Vögel, nach den Grund- der Hydrostatik. Berliner Monatschrift October 1784.

Es werde für einen gegebenen Abstand x vom Dr puncte des Flügels seine Breite durch y bezeichnet. $\int y\,dx$ die Oberfläche desselben ausdrückt, wobei Ges Gröſse desselben durch eine Gleichung zwischen y un geben ist; M heiſse sein Tragheitsmoment in Bezieh
Fig. 72. die Schwingungsaxe. Ferner bezeichne O A die Lage d gels *vor* dem Schlage, O U *nach* demselben; der durc Winkel A O U sey $= q$; A O M $= \delta$. Man setze die V geschwindigkeit des Flügels für einen gegebenen Punct l als Einheit angenommen) $=$ u, die Dauer eines einfach gelschlages $=$ t, endlich sey Π das Moment der gröſste welche der Vogel auf den unbewegten Flügel ausüben, die gröſste Geschwindigkeit, welche er dem Puncte D d gels mittheilen kann, wenn dieser keinen Widerstand zu winden hat; so ist $\Pi\left(1-\frac{u^2}{\alpha^2}\right)$ das Moment der Kraft, der Vogel in der Lage O U auf den Flügel ausübt. Die kelgeschwindigkeit in dem Abstande O Z $=$ x, wird $=$ u x dieser Geschwindigkeit entsprechende Höhe $=\frac{u^2x^2}{4g}$; w die Fallhöhe der Körper in der ersten Secunde bedeutet. I der Flügel im Wasser bewegt, so hätte das Element d gels $y\,dx$ einen Widerstand zu erleiden, welcher $y\,dx$ z sis und $\frac{u^2x^2}{4g}$ zur Höhe hätte. Dieser Widerstand ist a $=\frac{u^2x^2}{4g}\,y\,dx$, und sein Moment in Beziehung auf di $MN=\frac{u^2x^2}{4g}.x\,y\,dx$. Setzt man die Dichtigkeit der L derjenigen des Wassers $= n : 1$, und nennt $\int x^2y\,dx$ und $\int x^3y\,dx = B$, so ist der ganze Widerstand, den d gel erleidet, oder die Kraft V, welche den Vogel in Bev setzen kann, $=\frac{n\,A\,u^2}{4g}$, und ihr Moment $=\frac{n\,B\,u^2}{4g}$. We her diese Kraft als senkrecht auf die Fläche des Flüg Puncte C wirkend gedacht wird, so findet sich O C aus de chung $V.OC=\frac{n\,B\,u^2}{4g}$; oder $OC=\frac{n\,B\,u^2}{4g.V}=\frac{B}{A}$. Das heitsmoment M des Flügels ist, wenn wir seine Dicke als ; förmig $=$ d annehmen, $= d\int x^2y\,dx$; (für $x = 0$ bis $x =$

hat man nach dem Grundsatze der Beschleunigung $\frac{d\varphi}{dt^2} = \Pi\left(1 - \frac{u^2}{\alpha^2}\right) - \frac{nBu^2}{4g}$; da nun $u = \frac{d\varphi}{dt}$, so ist $= u^2 dt^2$, und wenn man differenzirt, $d\varphi\, d^2\varphi = u\,du\,dt^2$, dt als constant gedacht wird. Dieses giebt $\frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{u\,du}{d\varphi}$, che in obiger Formel substituirt, sie in

$$\frac{M}{2g} \cdot \frac{u\,du}{d\varphi} = \Pi - u^2\left(\frac{\Pi}{\alpha^2} + \frac{nB}{4g}\right) \text{ verwandelt.}$$

man zur Abkürzung $\frac{2g}{M}\left(\frac{\Pi}{\alpha^2} + \frac{nB}{4g}\right) = \lambda$, und $\frac{2g\Pi}{M} = \mu$, hält die Gleichung folgende einfachere Gestalt:

$$u\,du + \lambda u^2 d\varphi = \mu\, d\varphi.$$

diese Gleichung zu integriren, multiplicire man sie mit $e^{2\lambda\varphi}$, (wo e die Zahl bezeichnet, deren natürlicher Logarithmus $= 1$ ist) und man erhält

$e^{2\lambda\varphi} u\,du + 2\lambda u^2 e^{2\lambda\varphi} d\varphi = 2\mu e^{2\lambda\varphi} d\varphi$, deren Integral $e^{2\lambda\varphi} u^2 = \frac{\mu}{\lambda}\left(C + e^{2\lambda\varphi}\right)$; wobei die Constante C ch die Bedingung bestimmt wird, daſs für $\varphi = 0$, auch $u = 0$, $C = -1$ sey, woraus man folgende integrirte Gleichung erhält:

$$e^{2\lambda\varphi} u^2 = \frac{\mu}{\lambda}\left(e^{2\lambda\varphi} - 1\right).$$

rgiebt sich aus derselben erstens:

$\sqrt{\frac{\mu}{\lambda}\left(1 - e^{-2\lambda\varphi}\right)}$, und hieraus der Widerstand, den Luft dem Flügel entgegensetzt

$\frac{nA^2u}{4g} = \frac{n\mu A}{4\lambda g}\left(1 - e^{-2\lambda\varphi}\right)$, endlich das Zeitelement

$\frac{d\varphi}{u} = \sqrt{\frac{\lambda}{\mu}} \cdot \frac{e^{\lambda\varphi}}{\sqrt{e^{2\lambda\varphi} - 1}}$, dessen Integral die Dauer eines Flügelschlags angiebt. Setzt man zu diesem Ende

$\sqrt{e^{2\lambda\varphi} - 1} = z - e^{\lambda\varphi}$, so ist $e^{\lambda\varphi} = \frac{z^2 + 1}{2z}$; mithin

$e^{\lambda\varphi} = \frac{(z^2 - 1)\,dz}{2\lambda z^2}$; und $\sqrt{e^{2\lambda\varphi} - 1} = \frac{z^2 - 1}{2z}$;

ses substituirt, wird

$$t = \frac{\sqrt{\lambda}}{\mu} \int \frac{d\varphi\, e^{\lambda\varphi}}{\sqrt{(e^{2\lambda\varphi} - 1)}} = \frac{1}{\sqrt{\lambda\mu}} \int \frac{dz}{z} = \frac{1}{\sqrt{\lambda\mu}} . \mathrm{l}$$

und indem man den Winkel φ wieder einsetzt,

$$t = \frac{1}{\sqrt{\lambda\mu}} . \log.\left(e^{\lambda\varphi} + \sqrt{e^{2\lambda\varphi} - 1}\right),$$ wobei für φ

auch $t = 0$ wird, also keine Constante erforderlich ist.

Fig. 71. Nimmt man dem Obigen zufolge an, dafs der Flügel ich nahe einem Dreieck gleich sey, das durch die, den hungspunct O durchschneidende Queraxe OD halbirt wi wird $OD = a$, $PQ = b$, $OZ = x$, $EF = y$, und der PDO $= \zeta$; und da $x : y = a : b$, so ist $y = \frac{bx}{a}$. Das E der Flügelfläche ist nun $y\,dx . \mathrm{Sin.}\zeta$, und so erhalten wir

$$A = \int x^2\, y\, dx . \mathrm{Sin.}\zeta \begin{pmatrix}\text{für } x = 0\\ \text{bis } x = a\end{pmatrix} = \tfrac{1}{4} a^3 b . \mathrm{Sin}\,\zeta$$

$$B = \int x^3\, y\, dx . \mathrm{Sin}\,\zeta \begin{pmatrix}\text{für } x = 0\\ \text{bis } x = a\end{pmatrix} = \tfrac{1}{5} a^4 b . \mathrm{Sin}\,\zeta$$

$$M = d \int x^2\, y\, dx . \mathrm{Sin.}\zeta \begin{pmatrix}\text{für } x = 0\\ \text{bis } x = a\end{pmatrix} = \tfrac{1}{4} a^3 b d . \mathrm{Sin.}\zeta$$

Fig. 72. Hieraus wird $OC = \frac{B}{A} = \frac{4}{5} a$.

Will man die Steigekraft des Vogels bestimmen, so man den Widerstand V, der in der Richtung VI wirkt den Richtungen CG und CH, von denen die eine horiz die andere vertical ist, zerlegen. Dieses giebt

$CG = V. \mathrm{Sin.}(\delta + \varphi)$ und $CH = - V. \mathrm{Cos.}\ (\delta + \varphi)$.

Das Moment der erstern Kraft mufs das Moment des halben wichts des Vogels nothwendig übertreffen, wenn es st soll. Bisher haben wir die Geschwindigkeit u, die Kr und die Zeit t durch den Winkel φ ausgedrückt. Wollte umgekehrt u, V, und φ durch t geben, so haben wir

$$t\sqrt{\lambda\mu} = \log.\left(e^{\lambda\varphi} + \sqrt{e^{2\lambda\varphi} - 1}\right),$$ mithin auch

$$e^{t\sqrt{\lambda\mu}} = e^{\lambda\varphi} + \sqrt{e^{2\lambda\varphi} - 1},$$ und hieraus

$$e^{\lambda\varphi} = \frac{e^{2t\sqrt{\lambda\mu}} + 1}{2e^{t\sqrt{\lambda\mu}}} = \frac{e^{t\sqrt{\lambda\mu}} + e^{-t\sqrt{\lambda\mu}}}{2},$$

was man auch durch $e^{\lambda\varphi} = \mathrm{Cos.\,hyp.}\ t\sqrt{\lambda\mu}$ geben kann

Und so wird der Winkel

$$\frac{1}{\lambda}\log.\left(\frac{e^{t\Upsilon\lambda\mu}+e^{-t\Upsilon\lambda\mu}}{2}\right)=\frac{1}{\lambda}\log.\,\mathrm{Cos.\,hyp.}\,t\Upsilon\lambda\mu.$$

Geschwindigkeit $u=\Upsilon\frac{\mu}{\lambda}\left(1-e^{-2\lambda\varphi}\right)$, wird

$$\Upsilon\frac{\mu}{\lambda}\cdot\frac{e^{2t\Upsilon\lambda\mu}-1}{e^{2t\Upsilon\lambda\mu}+1}=\Upsilon\frac{\mu}{\lambda}\,\mathrm{Tang.\,hyp.}\,t\Upsilon\lambda\mu,$$ und hier-

ndlich die Kraft $V=\frac{nAu^2}{4g}=\frac{nA\mu}{4\lambda g}\left(\mathrm{Tang.\,hyp.}\,t\Upsilon\lambda\mu\right)^2$

Da es schwierig seyn dürfte, die oben vorausgesetzte e Geschwindigkeit α anzugeben, so ist es einfacher, mit gehung derselben statt $\Pi\left(1-\frac{u^2}{\alpha^2}\right)$ schlechtweg Π zu n. Dieses ändert nur die Constante λ, die nun $=\frac{nB}{2M}$ wird. ht man $\Pi=fP$, wobei P die Muskelkraft selbst und f ih- Hebelarm bedeutet, so ist $\mu=\frac{2gfP}{M}$. Alles Uebrige bleibt eändert.

Nennt man ferner p das Gewicht des Vogels und γ die Ge- ndigkeit, die er haben muſs, damit der Widerstand der diesem Gewichte gleich werde, ist sodann v die Geschwin- it des Aufsteigens, welche nach einem Fluge von τ Secun- dem Widerstande R entspricht, so hat man, da die Wi- nde den Quadraten der Geschwindigkeit proportional sind, $=\gamma^2:v^2$, mithin $R=\frac{pv^2}{\gamma^2}$. Die gröſste Wirkung der n Flügel ist $2V=2\frac{\Pi}{\alpha}=\frac{2fP}{\alpha}$. Dieser Kraft steht das cht des Vogels p, und der Widerstand der Luft R entgegen. haben also folgende Differenzialgleichungen aufzulösen:

$$dv=\frac{2g\,d\tau}{p}(2V-p-R)\text{ oder auch}$$

$$dv=2g\,d\tau\left(\frac{2fP}{\alpha}-1-\frac{v^2}{\gamma^2}\right),$$ aus dieser ergiebt sich,

n man $\frac{2fP}{\alpha p}=\varepsilon$ setzt,

$$d\tau = -\frac{\gamma^2 dv}{2g[(1-\varepsilon)\gamma^2+v^2]} \text{ und}$$

$$d\tau = +\frac{\gamma^2 dv}{2g[(\varepsilon-1)\gamma^2-v^2]}.$$

Die Integrale dieser beiden Formeln sind wesentlich ve den, je nach dem Werthe von ε, welcher bei verschi Vögeln, je nach ihrer Natur, nach Gestalt und Gröſse ih gel, ihrer Muskelkraft, und selbst bei dem nämlichen V nach seiner Belastung über sein eigenes Gewicht hin schieden seyn kann. Ist $\varepsilon < 1$, so gilt die erste Form Integral $\tau = C - \frac{\gamma}{2g\sqrt{1-\varepsilon}}$ Arc. Tang. $\frac{v}{\gamma\sqrt{1-\varepsilon}}$ se wobei die Constante C so zu bestimmen ist, daſs für den der Bewegung, wo v der Anfangsgeschwindigkeit c gl die Zeit τ verschwinde.

Dieses macht die Constante

$$C = \frac{\gamma}{2g\sqrt{1-\varepsilon}} \text{ Arc. Tang. } \frac{c}{\gamma\sqrt{1-\varepsilon}}; \text{ also}$$

$$\tau = \frac{\gamma}{2g\sqrt{1-\varepsilon}}\left[\text{Arc. Tang. } \frac{c}{\gamma\sqrt{1-\varepsilon}} - \text{Arc. Tg. } \ldots\right.$$

oder mit Benutzung der bekannten Reductionen trig scher Formeln

$$\tau = \frac{\gamma}{2g\sqrt{1-\varepsilon}} \text{ . Arc. Tang. } \frac{(c-v)\,\gamma\sqrt{1-\varepsilon}}{\gamma^2(1-\varepsilon)+cv},$$ welcher

druck hinwiederum uns die erhaltene Geschwindigkeit nämlich

$$v = \frac{c\gamma\sqrt{1-\varepsilon} - \gamma^2(1-\varepsilon).\ \text{Tg. } \frac{2g\tau\sqrt{1-\varepsilon}}{\gamma}}{\gamma\sqrt{1-\varepsilon} + c.\ \text{Tg. } \frac{2g\tau\sqrt{1-\varepsilon}}{\gamma}}.$$

Diese kann erst nach einer gewissen Zeit

$$\tau = \frac{\gamma}{2g.\sqrt{1-\varepsilon}} \text{ . Arc. Tg. } \frac{c}{\gamma\sqrt{1-\varepsilon}},$$

Null werden. Da nun auf den ersten Flügelschlag ein z auf den zweiten ein dritter und so ferner folgt, so ist kla selbst ein mit seiner Beute oder sonstigen Last beladene durch die bloſse Kraft seiner Flügel zu einer gewisse sich erheben kann. Um den in der Zeit τ durchlaufenen

bestimmen, multiplicire man die obige Gleichung

$= 2 g\, d\tau \left(\frac{2fP}{\alpha p} - 1 - \frac{v^2}{\gamma^2}\right)$ durch $\gamma^2 v$, und setze statt

seinen Werth ε ein, so hat man

$dv = 2 g v\, d\tau\, [(\varepsilon - 1)\gamma^2 - v^2]$ oder, da $v\, d\tau = ds$;

$dv = 2 g\, ds\, [(\varepsilon - 1)\gamma^2 - v^2]$, und hieraus

$ds = \frac{\gamma^2 v\, dv}{2g[(1-\varepsilon)\gamma^2 + v^2]}$, und dessen Integral

$$s = C - \frac{\gamma^2}{4g} . \log. [1 - \varepsilon)\gamma^2 + v^2].$$

$v = c$ ist $s = 0$; mithin die Constante

$$C = \frac{\gamma^2}{4g} . \log. [1 - \varepsilon)\gamma^2 + c^2];$$

endlich der durchlaufene Raum

$$s = \frac{\gamma^2}{4g} . \log. \frac{(1-\varepsilon)\gamma^2 + c^2}{(1-\varepsilon)\gamma^2 + v^2}.$$

Was dann die Geschwindigkeit γ betrifft, bei welcher der Widerstand der Luft R dem Gewichte p des Vogels gleich wird, bemerke man, dafs bekanntlich der Widerstand, den eine bewegte Fläche in einer Flüssigkeit erleidet, dem Gewichte eines Prisma gleich ist, welches die bewegte Fläche zur Basis, die der Geschwindigkeit zukommende Höhe zur Höhe hat, $= \frac{v^2}{4g}$; und so erhalten wir, wenn der Flächeninhalt der durch H^2 ausgedrückt wird, den Widerstand $R = \frac{H^2 \gamma^2}{4g}$, mithin $\gamma = \frac{\sqrt{4gp}}{H}$.

Für den Fall, wo $\varepsilon > 1$, wie dieses bei den unbelasteten Fliegern statt findet, hat man nach Obigem

$d\tau = \frac{\gamma^2\, dv}{2g\,[(\varepsilon - 1)\gamma^2 - v^2]}$; dessen Integral

$\tau = C + \frac{\gamma}{4g\sqrt{\varepsilon - 1}} \log. \frac{\gamma . \sqrt{\varepsilon - 1} + v}{\gamma . \sqrt{\varepsilon - 1} - v}$ ist, wobei

Constante $C = - \frac{\gamma}{4g\sqrt{\varepsilon - 1}} \log. \frac{\gamma . \sqrt{\varepsilon - 1} + c}{\gamma . \sqrt{\varepsilon - 1} - c}$ gesetzt werden mufs. Dieses giebt die Zeit

$$\tau = \frac{\gamma}{4g\gamma\sqrt{\varepsilon - 1}} \log. \frac{(\gamma\sqrt{\varepsilon - 1} - c) \cdot (\gamma\sqrt{\varepsilon - 1} + v)}{(\gamma\sqrt{\varepsilon - 1} + c) \cdot (\gamma\sqrt{\varepsilon - 1} - v)}.$$

Setzen wir der Kürze wegen $\frac{\gamma\sqrt{\varepsilon - 1} - c}{\gamma\sqrt{\varepsilon - 1} + c} = \mathfrak{A}$ und geh

zu den Zahlen über, so ist $e^{\frac{4g\tau\sqrt{\varepsilon - 1}}{\gamma}} = \mathfrak{A} \cdot \frac{\gamma\sqrt{\varepsilon - 1} + v}{v\sqrt{\varepsilon - 1} -}$

woraus sich die Geschwindigkeit

$$v = \gamma\sqrt{\varepsilon - 1} \cdot \frac{e^{\frac{4g\tau\sqrt{\varepsilon - 1}}{\gamma}} - \mathfrak{A}}{e^{\frac{4g\tau\sqrt{\varepsilon - 1}}{\gamma}} + \mathfrak{A}}$$ ergiebt.

Welchen Werth auch die Gröſsen c, γ, ε haben mögen, so w

wenn $\varepsilon > 1$ immer $\mathfrak{A} < 1$, und $e^{\frac{4g\tau\sqrt{\varepsilon - 1}}{\gamma}} > 1$, und die Geschwindigkeit kann niemals Null werden; sie ist im Gegentheil zunehmend, mit der Zeit τ, ohne jedoch den Werth $\gamma\sqrt{\varepsilon - 1}$, den sie mit $\tau = \infty$ erreicht, überschreiten zu können. Man könnte hieraus den seltsamen Schluſs ziehen, daſs der Vogel ohne Ende steigen könne; allein in groſsen Höhen nimmt der Werth von n, mithin auch der von V bedeutend ab, und auch P und ε müssen sich allmälig vermindern. Sowie aber das Letztere kleiner als 1 wird, so geht die zunehmende Geschwindigkeit in eine *abnehmende* über. Für $\varepsilon > 1$ wird der durchlaufene Raum $s = \frac{\gamma^2}{4g}$ log. hyp. $\frac{\gamma^2(\varepsilon - 1) - c^2}{\gamma^2(\varepsilon - 1) - v^2}$.

So weit gehen die Entwickelungen der Theorie des Fliegens, wie sie Fuss gegeben hat; obwohl sie noch manches unerklärt lassen, so sind sie doch als erste mathematische Erörterung eines von dieser Seite noch unversuchten Gegenstandes von groſsem Werthe, und Fuss setzt durch Anwendung seiner Formeln auf die von Silberschlag aufgestellten Data sowohl die Richtigkeit seiner Theorie als auch überhaupt die Möglichkeit eines kräftigen und schnellen Fluges durch bloſsen Flügelschlag auſser Zweifel. Er nimmt OD = a zu 20, PQ = Fig. 71. zu 40 engl. Zollen, die Dicke des Flügels d zu $\frac{1}{4}$ Zoll, und Abstand des Flügelgelenkes von der Längenaxe des Vogels = zu 2 Z. an, setzt den Winkel $\zeta = 40°$; $\delta = 15°$; g = 16F. = 19

m, Cubikfuſs Wasser = 70 Pf., das Gewicht des Adlers ohne Kugel 8 Pf., mit derselben 12 Pf. oder $13\frac{1}{4}$ Pf. russ. Gewicht, $n = \frac{1}{850}$; die Länge des Hebelarms f, an welchem die Brustmuskeln zogen, $= \frac{3}{4}$ Zoll, P = 152 Pf. = 4295 Cubikzolle Wasser, die Weite des Flügelschlages, oder den Winkel φ leitete er aus der Bemerkung SILBERSCHLAG's ab, daſs die Flügelspitze, wenn sie im ruhenden Zustande eben so hoch erhoben würde, wie der Adler beim Fliegen zu thun pflegte, einen Bogen von 5 Graden durchlief, und bestimmt ihn dem zufolge auf $\varphi = \frac{19\pi}{36}$. Aus diesen Daten folgt A = 51423; B = 822768; = 12856; und hieraus $\lambda = \frac{nB}{2M} = \frac{2na}{5d} = 0{,}037647$; $\frac{2gfP}{M} = 96{,}2233$. Hieraus ergiebt sich die Dauer eines einfachen Flügelschlages t = 0,1876 Secunden; mithin = 0,3752 Sec., was mit SILBERSCHLAG's Bemerkung, daſs der Adler in einer Secunde nahe drei Flügelschläge gemacht habe, ziemlich gut zusammenstimmt [1]. Die Bewegung u des Flügels in seiner tiefsten Lage ist hiernach = 17,32 Fuſs, mithin die erworbene Geschwindigkeit der Flügelspitze = 28,87 F., wird = 23,6 Cubikzoll Wasser oder 0,96 Pf. Zerlegt man diese Kraft, so wird die verticale Wirkung = 0,90 und ihr Moment 14,4, während dem das Moment der Hälfte des zu hebenden Gewichts, nämlich $\frac{K \,.\, 13{,}75}{2} = 1375$ ist. Die

große Schnelligkeit des Flügelschlags (28,8 F. in d. Sec.) bringt in den nächsten Augenblick einen luftverdünnten Raum oberhalb der Flügel zuwege, so daſs der Widerstand, den die Luft dem Aufsteigen des Vogels entgegensetzt, meist nur seinen abgerundeten Rücken und zwar in schräger Richtung trifft, und so wird die Fläche H^2 nur etwa $\frac{1}{4}$ vom horizontalen Querschnitt des Vogels, den man auf einen halben Quadratfuſs setzen kann, betragen; H^2 wird demnach $= \frac{1}{8}$, und hieraus die Geschwindigkeit $\gamma = 48{,}44$; ε wird $= \frac{281}{275}$; und somit ist die Zeit, in welcher die durch den ersten Flügelschlag erlangte Geschwindigkeit des Vogels, die wir zu 10 Fuſs in der Secunde annehmen können, verschwindet, = 4,97 Sec. Hieraus wird

1 Silberschlag's Abh. S. 226.

V = 9,43, und der am Ende des ersten Flügelschlags, d. in 0,1876 Secunden durchlaufene Weg = 1,89 Fuſs. Ist d Vogel von seiner vierpfündigen Kugel befreit, so wi p = 8. Pf. $\gamma = 39,5$; $\varepsilon = \frac{17}{40}$; V = 12,08 F.; und s = 2,07 Fu

Diese Berechnungen zeigen genugsam, daſs ein kräfti Flieger, der nur sein eigenes Gewicht zu tragen hat, gar w im Stande ist, durch die bloſse Kraft seiner Flügel mit im gröſserer Schnelligkeit zu einer bedeutenden Höhe sich zu er ben, bis die zunehmende Verdünnung der Luft in den hö Regionen die Werthe von n, P und ε so stark ändert, daſs Geschwindigkeit abnehmend wird. Zugleich erhellet, da nach einem anhaltenden und lebhaften Flügelschlage Gesch digkeit genug übrig bleibt, um auch ohne sichtbare Bewe der Flügel, eine Zeitlang horinzontal in der Luft fortzuschw wozu dann noch der Widerstand der Luft und wohl auch Strömungen ihm behülflich seyn mögen. Ueberhaupt ble dem Vogel in der Wendung seiner Flügel, ihrer Ausbrei und Verkürzung, dem Vorstrecken und Einziehen des Ko und Halses, der stärkern Bewegung des einen Flügels, Stellung des Schwanzes u. s. w. eine Menge Mittel übrig, er zum Steigen, Sinken, zum Fortschweben, zur Spiral gung anwenden kann, und welche der Berechnung zu werfen, ein verwegenes Beginnen seyn dürfte.

Ohne die Arbeit von Fuss zu kennen, unternahm es im J 1805 der durch ausgedehnte theoretische Kenntnisse, so durch praktischen Sinn ausgezeichnete Physiker, Jos. Prechtl eine Theorie des Fluges zu entwerfen. Der Weg, den er e schlug, scheint merklich einfacher und kürzer zu seyn, ind er das Problem in seinen Elementen auffaſst, und den wich sten Theil der Frage, den Widerstand der Luft, beim U schwung einer Fläche um eine Axe durch sorgfältige Versu bestimmt.[2] Sodann mittelt er den Widerstandspunct des Fl gels, je nach der Gestalt der angenommenen Fläche desselb aus, und zeigt, wie die Geschwindigkeit und Steigkraft Vogels von der Schnelligkeit des Flügelschlags und der Gr des Schlagwinkels abhängig sey, einige allgemeine Bemerkun über das Fliegen, und besonders über die Luftbehälter der V

1 G. XIX. 376.

2 Ebend. XXIII. 130.

begleiten diese Abhandlung[1], welche der Verf. selbst nur für
 Vorläufer einer von ihm versprochenenen vollständigern
ie des Fliegens erklärt. Da seine Versuche einen Hauptpunct
 Theorie, den Widerstandscoëfficienten betreffen, und zu-
 durch sinnreiche Anordnung und aufmerksame Berück-
gung fremder Einflüsse sich auszeichnen, so dürfte eine
 Darstellung des angewandten Verfahrens hier nicht am
hten Orte seyn.

Auf einer nahe 3 Zoll dicken horizontalen Walze A B ist Fig. 73.
ichter quadratischer Rahmen C D E F also befestigt, dafs
innere Kante E F genau in der Axe derselben liegt. Ihm
ie in I mit einer Bleikugel beschwerte hölzerne Stange
 horizontaler Lage das Gegengewicht, und er wird auch
 eben diese Stange vermittelst einer Schraube bei G ange-
. Die Umschwingung desselben wird durch das Sinken
 Gewichtes zuwegegebracht, dessen Seidenschnur um die
drische Verlängerung A E der Walze gewickelt ist. Die
stücke ihrer konischen Drehungszapfen waren solid am
nder einer hohen Treppe befestigt, die einen Fall von mehr
0 Fufs erlaubte. Damit beim Ablaufen des Gewichtes die
 abwickelnde Schnur nicht durch ihre Schwere beschleuni-
 einwirke, wurde unterhalb der Schale, die das Gewicht
, ein gleiches Stück von etwa 30 F. Länge angehängt, des-
 Ende den Boden berührte, wenn die Schale sich oben an
 Welle befand. So wie das Gewicht sank legte sich
 Schnur auf den Boden nieder, und man hatte also
er eine constante Gröfse für das Gewicht des Fadens
 Hauptgewicht zu addiren. In den Rahmen C D E F konnte
Papier eingespannt werden, welches die Widerstandsfläche
te. Bei den Versuchen mit dem *leeren* Rahmen wurde an
m Letztern ein Gewicht befestigt, welches dem des Papie-
gleich und mit dem Gegengewicht an G H abgeglichen war;
 die Dehnung der Schnur bei verschiedenen Belastungen
e gleichfalls Rücksicht genommen. Die Höhe von 30 F.
ttete 41 Umdrehungen der Walze, bis das Gewicht auf
 Boden kam: die Umdrehungen des Rahmens waren, wenn
espannt war, bereits nach einigen Umläufen gleichförmig;
m leeren Rahmen aber etwas später. Es wurden daher nur

1 G. XXX. 302.

Fig. schnelleren Umdrehungen von Wichtigkeit war.

74. In derjenigen Höhe, wo das Gewicht bei der zw Umdrehung sich befand, wurde am Treppengeländ Arm C angebracht, an dessen Ende m ein sehr leicht ab beweglich war, dessen kürzerer Arm mb schwere der längere ma. Bei a berührte dieser den kleinere zx, der sich in dem Ende des Pfostens D in i eben möglichster Leichtigkeit drehte, und dessen kürzerer ebenfalls das Uebergewicht hatte. Der Druck der seitw haltenen Pendelkugel hielt nun das leichtbewegliche, w glichene Hebelwerk in der Lage, daſs, sobald der A vom fallenden Gewichte berührt wurde, z im nämlich mente durchschlug und das Pendel seine Schwingungen ohne später von dem niedergesunkenen Hebel zi au zu werden.

Daſs dieser Apparat auf die Senkung des Gewicht Einfluſs ausüben konnte, ergab sich aus der Berechn einzelnen Hebel und ihrer Ueberwuchten. Es war mb = 13; mx = 25; ix = 10 und iz = 8,5 Zolle; belarm mb hatte eine Ueberwucht von $\frac{1}{16}$; derjenige i $\frac{1}{32}$ Loth. Die 2 Loth schwere Kugel des Pendels w von der Verticale abgehalten. Der niederwärtsgehen in z fand sich nach der Formel $\frac{mb \cdot ix + \frac{1}{32}}{16 mx \cdot iz} = 0,0695$ l Reibung des Pendels am Hebel = $\frac{1}{4}$ 2 sin 6° = 0,0697 I

e das Papier herausgenommen, sein äquivalentes Gewicht en Rahmen eingesetzt, und nun auf der entgegengesetzten der Welle ein zweites Fallgewicht Q angebracht, dessen n mit demjenigen von P eigentlich eine Schnur ohne Ende te. Dieses wurde so lange abgeändert, bis der leere Rahgenau in eben so viel Zeit seine letzten 20 Umläufe vollen-, als der Bespannte dazu gebraucht hatte. Das Gewicht Q also genau dem Widerstande gleich, den die Luft der Paäche entgegensetzte; selbst sein Druck auf die Zapfen in ler Richtung war von demjenigen nicht verschieden, den Widerstand auf die Papierfläche in stets ändernder Richtung te. Ist nun K die Entfernung des Mittelpuncts des Windes auf die Fläche von ihrer Axe; b der Halbmesser der e, so ist der Widerstand der Luft $R = \frac{6}{k} Q$.

In diesem Widerstandspuncte finden sich alle einzelne Wiände, die auf die Fläche wirken, vereinigt. Er mufs also Beziehung auf die Drehungsaxe dasselbe statische Moment , als der Widerstand auf die ganze Fläche vertheilt. Da Widerstände der Ausdehnung der Flächen, und den Quan der Geschwindigkeiten proportional sind, die letzteren sich, wie die Entfernungen von der Axe verhalten, so hält sich der Widerstand eines jeden Punctes oder Elemen- der Fläche, wie dieses Element und das Quadrat seiner fernung von der Axe; und in Beziehung auf sein statisches ment, wie die dritte Potenz dieser Entfernung. Diese heifse und A bedeute den Flächenraum eines Rechtecks, K dessen derstandspunct, b seine Breite, so verhält sich das stati- Moment des Widerstandes auf das Flächenelement, wie $x . x^3$, und dasjenige des Widerstandes auf die ganze Fläche $K^3 A$. also $\int b . dx . x^3 = K^3 A$. Ist die Höhe des Rechts $= m$, so ist $A = bm$, daher $K^3 = \frac{x^4}{4m} + C$, wo die nstante $= 0$, da der Widerstand für $x = 0$ verschwindet. r $x = m$, wenn der Widerstandspunct für das Rechteck von Höhe m gelten soll, ist daher $K = \sqrt[3]{\frac{m^3}{4}} = m\sqrt[3]{\tfrac{1}{4}} = 0{,}62996 . m$.

innere Höhe des quadratischen Rahmens betrug 136,8 Lin., aus wird $K = 86{,}184$ Lin. Der Halbmesser der Welle mafs 506 Lin., ihre Länge 8 Zoll.

Setzt man A = b (m — n), so wird $K' = \sqrt[3]{\frac{m^4 - n^4}{4(m-n)}}$; dieses ist der Widerstandspunct eines freischwingenden Rechte dessen mit der Axe parallele äufsere und innere Kanten um Werthe m und n von derselben abstehen. Es verhalten ferner die Widerstände zweier Rechtecke von verschied Breite, welche um eine gemeinschaftliche Seite als Axe drehen, wie die dritten Potenzen ihrer Breiten; also wenn Abstand der entferntern, n denjenigen der nähern Kante der Axe, R den Widerstand des erstern gröfsern, r des nähern Rechtecks bezeichnet, so ist r : R = n^3: also $r = \frac{n^3}{m^3} R$; dieser Werth von R abgezogen, giebt den derstand der Luft auf das äufsere freischwingende Re eck $= r' = R\left(1 - \frac{n^3}{m^3}\right)$. Mit Hülfe dieser beiden wurden sowohl die Entfernungen der Widerstandspuncte b auf den mit der Axe parallelen und eben so c auf den nen Stab vereinigt gedachten winkelrechten Kantenstücke Rahmens, als auch die Gröfsen dieser Widerstände o, p, q rechnet. Die Entfernung des gemeinsamen Widerstand von der Axe war dann

$$d = \frac{ao + bp + cq}{o + p + q} = 103{,}25 \text{ Lin.}$$

Es ergiebt sich hieraus eine Verbesserung von Q, so $Q' = Q + = \left(1 - \frac{K}{d}\right)\alpha = Q + 0{,}16535\,\alpha$. Die Gröfse α gleich dem Gewicht p, welches statt P angehängt werden müfs um den leeren Rahmen mit eben der Geschwindigkeit zu be wegen, wie der Bespannte durch P bewegt wurde. Doch dieses p noch um eine aus den Versuchen zu bestimmen durch die Schwungkraft zum Theil modificirte Reibung gröfse ϱ vermindert werden, so dafs $\alpha = p - \varrho$. Heifs zwei auf einander folgende Zeiten t′ und t″; p′ und p″ die in gleicher Ordnung ihnen zugehörigen Gewichte; so $\varrho = \frac{t'^2 p' - t''^2 p''}{t'^2 - t''^2}$; für P = 6 Loth ergab sich ϱ = 0,62 Loth; für P = 80 Loth = 0,684 Loth, und hieraus folgte die Correction 0,16535. α = 0,107 Loth und 1,582 Loth für diese beiden Fälle. Der wahre absolute Widerstand R findet sich

$= \frac{b'}{k} t Q'$; wo k den Widerstandspunct der Papier-
, b' den um die halbe Schnurdicke vergröfserten Ra-
der Welle bezeichnet. Ist nun der Inhalt der gebrauch-
lache = a, das Gewicht eines Wiener Cubikfulses Luft
10° R. (der mittlern Temperatur während der Versuche),
der Barometerstand in Brünn ist nicht angegeben); die
Geschwindigkeit des Widerstandspunctes zugehörige Höhe
wo $h = \frac{c^2}{4g}$; und der Coëfficient dieser Höhe = x, so
$x = \frac{R}{h.a.q} = \frac{R}{c^2 \frac{aq}{4g}}$. Nun ist a = 0,819 Quadrat-Fuſs;
,228 Loth, g = 15,515 Wiener Fuſs; also $x = \frac{R}{0,0294 . c^2}$
Geschwindigkeit c für 1 Secunde erhält man, wenn man
vom Widerstandspunct in 20 Umdrehungen durchlau-
Raum durch die beobachtete Anzahl Secunden divi-
also, wenn man die beobachteten halben Secunden
setzt, $c = \frac{4k . 20 . \pi}{t} = \frac{150,4096}{t}$.
Pechtl hat mit seinem Apparate zwei Reihen von Versuchen
stellt, (jeden zu 20 Umdrehungen) deren Data hier folgen:

Erste Reihe.

Zeit in ½ Sec.	Werthe in Lothen. Q	Q'	Geschw. c in W. Fuſsen.	R in Lothen.	Höhen-coëffic.
53,1	4,500	4,607	2,838	0,888	3,751
40,2	8,000	8,167	3,741	1,575	3,826
32,6	12,281	12,610	4,614	2,432	3,834
28,3	16,625	16,894	5,314	3,258	3,922
25,2	20,750	21,296	5,968	4,107	3,920
23,1	24,470	25,139	6,511	4,846	3,887
21,5	28,280	28,815	6,995	5,557	3,861
20,1	32,080	32,945	7,483	6,353	3,858
19,1	36,081	37,039	7,874	7,143	3,917
				Mittel =	3,869.

Zweite Reihe.

Zeit in ½ Sec.	Q	Q'	Geschw. c	R	Höhen-coëffic.
17,17	42,281	43,561	8,762	8,441	3,789
16,33	46,281	47,659	9,216	9,235	3,697
15,75	50,750	52,121	9,555	10,100	3,761
15,00	55,000	56,311	10,027	10,912	3,690
14,50	59,000	60,485	10,373	11,721	3,704
14,00	63,250	64,401	10,743	12,479	3,677
13,50	67,438	69,019	11,141	13,374	3,666
				Mittel =	3,712.

Die beiden Mittel differiren um 0,157; bei der erstern Re
war ein Seidenfaden von 0,1143 Lin. Halbmesser, bei
zweiten eine hänfene Schnur gebraucht worden, deren h
Dicke 0,1946 Lin. betrug. Bei der letztern sind auch die G
schwindigkeiten stärker, und die Zeitbestimmung des verbe
ten Apparates wegen genauer. Der mittlere Höhencoeffic
mag auf 3,79 angenommen werden. Die beträchtliche Abw
chung dieses Höhencoefficienten von den freilich weit u
nauern Bestimmungen HUTTON's[1] und SCHOBER's[2], die
nur auf $1\frac{1}{2}$ setzen, erheischte eine ausführlichere Darst
der dabei gebrauchten Methode.

Die Anwendung dieser Versuche zur Erklärung des F
ist nach PRECHTL kürzlich folgende:. Man bestimme
die Gestalt der Flügelfläche, die bei den Vögeln je nach
Bestimmung verschieden ist. PRECHTL stellt drei Classen
In die *erste* setzt er diejenigen Thiere, deren Flügel aus
zwischen ihren Flügelrippen ausgespannten Haut bestehen.
hin rechnet er die Fledermäuse, die Schmetterlinge, über
alle fliegenden Insecten. Zur *zweiten* rechnet er die große
der Vögel, bei welchen der erste Flügelknochen größer ist
der zweite, z. B. die Hühner und Tauben. Zur *dritten*
obersten Classe gehören endlich die Vögel, bei denen
zweite Flügelknochen den ersten an Größe übertrifft. In diese
gehören die *Raubvögel*. Führt man Linien durch die Puncte
des Flügels, welche den Widerstand begrenzen, so erhält ma
nahe die Figur ABCDE in welcher das Rechteck ABCD d
Fächer CDE die *Schwinge* ist. Wenn nun diese Fläche sic
um die Axe AB dreht, so gehört der erzeugte Widerstand d
Geschwindigkeit zu, mit welcher sich der Widerstandspunct
des Flügels bewegt.

Fig. 75.

Nach Obigem ist für das Rechteck ABCD die gesuch
Entfernung $K = BD\sqrt[3]{\frac{1}{4}}$. Man setze $BE = B$; $BD =$
und mache in der oben gegebenen Integralgleichung
$\int y\,dx.x^3 = K^3 A$, die Größe $A = y$. Nun ist $y = \frac{a}{B-b}(B-x)$,
und $A = \frac{a(B-b)}{2}$. Hieraus wird $K^3 = \frac{2}{(B-b)^2}\left(\frac{Bx^4}{4} - \frac{x^5}{5}\right) + C$;

1 Gren's Journ. d. Phys. VII. 283.
2 Karsten Lehrb. der Mathem. VI. 627. und Hamb. Magaz. IX.

$= -\frac{2}{(B-b)^2}\cdot\left(\frac{Bb^4}{4}-\frac{b^5}{5}\right)$, mithin die Entfernung Widerstandspunctes K′ von der Axe auf der Schwinge

$= K' = \sqrt[3]{\frac{B^5-5Bb^4+4b^5}{10.(B-b)^2}}$. Bezeichnet ferner K den ...stand auf das Rechteck, r denjenigen auf das Dreieck, so ... $r = \frac{b^3}{B^3} : \frac{1}{4}\left(1-\frac{b^3}{B^3}\right)$, oder $r = \frac{1}{4}\left(\frac{B^3}{b^3}-1\right)$, wenn ... gesetzt wird. Aus der Entfernung der Widerstands- ... in beiden Flächen und dem Verhältnifs ihrer Wider- ... findet sich die Entfernung des gemeinsamen Wider- ...punctes im Flügel $d = \frac{K' r + k}{r+1}$.

... sey nun c die Geschwindigkeit, bei welcher der Wider- ...den ein freifallender Körper in der Luft erleidet, sei- ...genen Gewichte P gleich ist, w die Oberfläche desselben, ... Widerstand leidet; p das Gewicht von einem Cubikfufs ... so ist $P = \frac{c^2}{4g}.3{,}8\,p.w$, wobei c von der Gröfse und ...keit des Flügelschlags abhängt. Der Rückschlag ...ufschlag des Flügels ist mit dem Niederschlage so ziem- ...n gleicher Dauer; denn wenn auch der Rückenmuskel, ...er den Flügel heraufzieht, den Brustmuskeln an Stärke ...ht, so wird hingegen auch der Widerstand der Luft ... die Lage und Gestalt der Federn, und besonders durch ...it dem Niederschlage bewirkte Vacuum über dem Flügel[1] ...end vermindert. Setzen wir also den Raum, welchen ...Widerstandspunct des Flügels bei jedem Niederschlage ...äuft $= S$, und die Zahl dieser Schläge in 1. Sec. $= n$; ... $c = 2ns$. Dieser Raum wird durch den Winkel be- ...t, welchen die Richtungen des Flügels am Anfange und Ende eines Schlages einschliefsen, und den man den ...*gwinkel* nennen kann. Heifst dieser m, so ist $s = \frac{2\pi.d}{360}.m$, ... $c = \frac{4n\pi d}{360}.m$ und $P = \frac{3{,}8.p.w}{4g}\left(\frac{4.n.\pi d}{360}\right)^2 m^2$. Die ...en w, n, d und m sind sowohl bei verschiedenen Vögeln,

1 Nach der obigen Bemerkung von Fuss.

als auch bei dem nämlichen Vogel, je nach seiner Will
lichen Aenderungen unterworfen. Das Ausspannen
ziehen der Flügel, ihre Steifung, besonders die Fr
Schläge, und die Ausdehnung des Schlagwinkels,
Verbindung mit noch andern weniger beachteten
teln die bewundernswürdige Kunst des Fliegers aus,
cher der Vogel die schnellsten, mannigfachsten und
Bewegungen in beliebigem Maſse ohne Anstrengung
führen scheint.

Wendet man die gegebene Formel auf Silbe
Adler an, bei welchem w = 8 Quadratfuſs; p = 0,07
Gewicht, n = 3 ist, und setzt d = 1,65 Fuſs; m = 85
P = 8,069 Pf. Da der Vogel 8 Pf. wog, so behiel
bei diesem Flügelschlage 0,069 Pf. Steigekraft; bei der
mit der Kugel hätte dieses einen Schlagwinkel von 1
fordert. Die Geschwindigkeit ist für den erstern Fall
letztern 17,7 Fuſs in der Secunde. Zieht man hier di
digen Gröſsen zusammen, so wird P = 0,0000066. w. d²
(für alt franz. Maſs und Gewicht). Der Werth der
standscoëfficienten ist hierbei von geringem Einfluſs;
auch die Oberfläche des Flügels, wie wir das bei s
Fliegern sehen, deren Flügel zwar breit, aber kurz u
rundet sind. Weit wichtiger ist die Entfernung de
standspunctes, der auch eben bei den schnellsten Flieg
Schwalben und bei den Seevögeln, und Raubvögeln
streckten Gestalt ihrer schmalen Flügel wegen, wei
gerückt ist. Eben so kräftig wirkt die Schnelligkeit
gelschläge, und besonders auch die Weite des Schla
Leider sind die beiden letztern Gröſsen ziemlich schw
stimmen; doch darf man n wohl zwischen 2 und 2
zwischen 20° und 150°, für gewöhnlich etwa 90 G
nehmen. Zuweilen überschreitet m noch das ange
Maximum, wie man dieses beim Fluge der Tauben
hörbaren Zusammenschlagen der Flügel abnehmen k
den schwachen Fliegern, den Sperlingen, Colibris,
fern ist n oft bedeutend, und scheint mit der Gröſse u
der Flügel, vielleicht auch mit der Muskelkraft des V
umgekehrten Verhältnisse zu stehen.

Wenn nun auch die hier aufgestellten Theorien
lichkeit des Aufsteigens durch den Flügelschlag auſse

n, so bleibt von da bis zur vollständigen Erklärung des es, noch ein großer Schritt zu machen übrig. Namentlich e noch deutlicher nachgewiesen werden, wie das verticale erschlagen der Flügel den Vogel mit so großer Schnellig- vorwärts schiebe, ob Borelli's oben angeregte Erklärung, dieses durch die Umbiegung der Federspitzen geschehe, n genügend sey. Bei den Fischen sind die Flossen größten- ls vertical, auch die Fläche des Hinterleibes, dessen längelnde Schwingungen und Biegungen so bedeutenden An- l an der Fortbewegung haben, und eben so die Schwanz- sen sind (die Buttfische ausgenommen,) meist nach der Ver- fläche ausgedehnt, und ihre Kraftäusserungen gehen nach ontaler Richtung. Allein bei den Vögeln sind diese, so bei einem so flüchtigen Gegenstande wenigstens der An- in lehrt, nicht nach der Längenaxe des Körpers gerichtet, dern senkrecht auf dieselbe. Nur, wenn der Vogel seinen f plötzlich aufhalten will, um irgendwo abzusitzen, stellt sich aufrecht, und verwandelt den verticalen Flügelschlag ine seitwärtsgehende Bewegung. Gemeiniglich ist die Rich- g des Körpers mit derjenigen des Fluges übereinstimmend. nun der Vogel beim Aufsteigen, das niemals in senkrech- sondern in einer gegen den Horizont mehr oder weniger igten Richtung statt findet, selbst in schräger Richtung sich , so muſs er entweder fähig seyn, seine Flügel etwas rück- s drehen und ihre Ebene in horizontale Lage bringen zu en; oder man müſste voraussetzen, daſs seine Erhebung h den aufwärts gehenden Druck der an der umgebogenen elkante ausweichenden, durch einen schrägen Flügelschlag primirten Luft bewirkt werde. Vielleicht findet beides statt, so mag der Vogel auch seine horizontale Fortbewegung s dem von Borelli angegebenen Grunde, (der vielleicht t so unwirksam seyn dürfte, weil er beim Auf- und Nie- chlägen eintritt) theils auch einer obwohl sehr geringen hung der Flügelebene zu danken haben.

Bemerkenswerth ist auch die Fähigkeit einiger der größern ger, eine geraume Zeit mit ausgespannten Flügeln, ohne sicht- Flügelschläge, dahin *zu schweben*. Es ist ihnen dazu nicht die erworbene Geschwindigkeit, sondern besonders auch beträchtliche Ausdehnung ihrer Flügel behülflich, die ihnen *Fallschirm* dienen. Den Schwalben ist das Planiren nur

bei einer beträchtlichen Geschwindigkeit und nicht auf g
Zeit ohne erneuerte Schläge möglich, während dem die
Albatros (*Diomedea exulans*) auf dem Meere dicht ü
Wasserfläche, jeder Seitenfläche der Welle sich anpasse
hin schweben, ohne dafs man bei ihnen eine andere Bev
als ein langsames Wiegen des ganzen Körpers wahr
könnte. Der *Moosweih* und der *Milan*, wenn sie in
nach Beute sich umsehen wollen, bewegen sich auf ebe
Weise stundenlang ohne Flügelschlag in grofsen Spiral
her, die sie allmälig der Erde zuführen. Dafs bei einm
bener Wurfgeschwindigkeit des Vogels der Widersta
Luft auf die ausgebreiteten Flügel seinen Körper genug
terstütze, beweiset unter Anderen die geschickte Art, w
Habicht auf dem Wasser seine Beute erhascht. Er stür
einer mäfsigen Höhe in einer schönen Curve, deren n
Erde hin convexer Scheitel nur ein Paar Zolle von der W
fläche absteht, hinunter, hauet mit der Klaue ins Wass
steigt nun, ohne einen Flügel zu bewegen, durch die
Erhebung der Axe seines Körpers im andern Zweige de
bis zu einer ziemlichen Höhe wieder an. Dafs den
beim Schweben auch der entgegenströmende Wind
statten komme, ist leicht zu begreifen; sogar dient er
zuweilen, um ohne Flügelschlag in Schraubengängen
steigen.

Man hat auch den *Schwanz* des Vogels für ein we
ches Werkzeug des Fluges gehalten, allein der Umstan
Vögel, die durch Zufall oder Absicht derselben beraubt
sind, dennoch gut fliegen, zeigt, dafs er wenigstens ni
entbehrlich sey. Zum Wenden dient er nicht, da er
horizontaler Richtung sich bewegen kann. Der Vogel v
tet dieses durch Bewegung des Halses, ungleichen Flügel
am meisten durch Neigung der durch die Flügel gehende
axe seines Körpers; den Schwanz breitet er vorzüglic
aus, wenn er entweder den Fall nach der Erde mäfsigen
bei fast aufrechter Erhebung des Körpers seinen Flug p
aufhalten will. Auch dient er ihm im Fluge zu all
Hebung und Senkung, wie man dieses an dem schlange
gen Fluge der Bachstelze bemerken kann[1].

---

1 Zieht man die Bauchmuskeln des Vogels durch ein

Die *Höhe*, in welcher die Vögel fliegen, ist je nach ihrer und dem Zweck des Fluges sehr verschieden. SILBER-AG[1] sah ein Paar Adler über eine Wolke wegfliegen, de-Höhe er auf 3000 Fuſs schätzte: die Züge der Strichvögel der Kraniche gehen oft hoch über den Brocken (gegen Fuſs Höhe) hinweg. Noch merkwürdiger ist ihre *Schnel-it*. Raubvögel sollen, 6 deutsche Meilen in einer Stunde en; und König HEINRICH II. in Frankreich soll einen Fal-ehabt haben, der, in Fontainebleau entwischt, in 24 en in Maltha soll gefunden worden seyn, was 19 Lieues für unde gäbe[2]. Von den Schwalben wird behauptet, daſs sie Zug über das Mittelländische Meer in 8 Tagen vollführen.

Eine besondere Eigenthümlichkeit im Baue der Vögel sind *Luftbehälter* derselben. Die Lunge des Vogels ist am en angewachsen, und steht mit den im Unterleibe befind-en Luftbälgen in Verbindung, wäre der Vogel genöthigt, die Säugthiere, immer durch Nase und Mund zu athmen, so rde ihn beim schnellen Fluge die entgegenströmende Luft ersticken. Die Anfüllung des Körpers mit Luft scheint gewöhnlichen Athmungsproceſs in diesem Fall zu ersetzen, *dient* überdem, den Muskeln festere Stützpuncte zu ge-[3]. Namentlich mag diese Vermehrung der Steifigkeit durch starke Verdichtung der Luft in den Röhren der Knochen irkt werden. Schon CAMPER hat bemerkt, daſs die Kno-der Vögel mit comprimirter Luft erfüllt waren, und BLOCH durch den Versuch, daſs die Luft in den Knochen des Flügelgliedes durch eine Oeffnung am Wirbel eintrat, daſs bei Einblasung der Luft die Flügel sich ausdehnten. man den Knochen zerbrach, fuhr die Luft mit einer sol-Gewalt aus demselben heraus, daſs sie ein Licht ausblies[4]. die Vögel auch in verdünnter Luft ohne Schwierigkeit

---

ertheil des Thorax geschlungenes Band so zusammen, daſs sie ren Bewegungen gehemmt sind, so kann der Vogel nicht fliegen. S. von Lorry. S. d. unten angeführte Mém. du Mus. VI. 447.

1 a. a. O. S. 259. 267.

2 Prechtl in G. XXX. 318.

3 Nach BLAINVILLE hat die Fledermaus eben so ausgedehnte gen wie die Vögel.

4 SILBERSCHLAG a. a. O. S. 219.

fliegen, beweist der Versuch BIOT's und GAY-LÜSS. ihrer Luftfahrt am 24. Aug. 1804. Zwei Vögel, ein (Verdier) und eine Taube, die sie in einer Höhe von 1 in Freiheit setzten, schienen ohne Mühe zu fliegen, sich aber dann doch sogleich in einer steilen Spirale mathlichen Erde nieder[1]. Dagegen fliegen die Adler u ohne Mühe in noch gröfsern Höhen.

Ueber den Flug der Insecten hat CHABRIER[2] ei läufige Abhandlung als Auszug einer noch gröfsern Arbe fert. Ihr Flug unterscheidet sich hauptsächlich in zwe den *schwirrenden* Flug, und den *flatternden* Flug, der len auch in den *schwebenden* übergeht. Der erstere fi den Käfern, Bienen, und Fliegen statt; der letztere Schmetterlingen, von denen diejenigen, die mit gröfs längern Flügeln versehen sind, auch wohl auf kurze Ze schwebenden Flug annehmen. Die Flügel der Insecten eine zusammenhängende, mit Rippen und Aesten durch Haut, die bei den Käfern, Libellen und den Zwe durchsichtig, bei den Schmetterlingen mit kleinen Schuppen oder Ziegeln, als einem feinen Staube be Einige, wie die Käferarten, falten diese Flügel zusa sie unter eine feste hornartige Decke zu verbergen, zum Fliegen selbst wenig beizutragen scheint, sonder leicht als Fallschirm dienen mag; bei andern, z. B. de schmetterlingen und den Libellen bleiben sie immer ausg und werden im ruhenden Zustande des Insects auf dem in verticaler Lage an einander gelegt. Fast alle flieger secten haben *vier* Flügel, von denen jedoch die vor weitem die Hauptwerkzeuge des Fluges zu seyn schein die Zweiflügler sind davon ausgenommen, bei welchen Stelle der Hinterflügel ein Paar Kölbchen sogenannte *B stangen* (halteres) sich befinden, deren Zweck noch ni gemittelt ist. Auch bei den Insecten, wie bei den Vöge die *eingeschlossene Luft* eine wichtige Rolle; und woh sie bei diesen noch mehr, als bei den Vögeln nothwenc um dem gröfstentheils weichen Körperbau die zur Anst

1 G. XX. 14.

2 Mém. du Mus. d'Hist. nat. VI. 410 — 475. VII. 297 VIII. 47 — 110.

Muskeln nöthige Consistenz zu geben. Ihre Brust ist ela-
t, bei einigen mit sehr kleinen Klappen versehen[1], die
nach Belieben öffnen und schliefsen können; indem das
r zum Fluge sich rüstet, sieht man den Leib derselben sich
ähen. Das *Summen* vieler Insecten während des Flugs
ibt CHABRIER besondern Organen zu, die als kleine Puncte
horax wahrzunehmen sind; und von denen einige als Oeff-
en in einer convexen Membrane erscheinen und mit frei-
ogendenSchuppen versehen sind[2]. Diejenigen, welche dieses
ich ausschliefslich von der Schwingung der Flügel herleiten
, stützen sich auf die Behauptung, dafs der Ton allmälig
me, so wie man die Flügel verkürze. Allein, nicht zu
r, dafs durch eine solche Operation die Lebhaftigkeit der
schläge und der damit gleichzeitigen Luftausströmungen
wächt wird, dafs vielleicht ein Theil jener Luft durch die
eten Gefäfse der Flügel selbst entweicht, so stehen diesem
ch folgende zwei bestimmte Erfahrungen entgegen: Wenn
die Flügel einer blauen Schmeisfliege mit Wachs zusam-
klebt, so dauert das Gesumme fort; löfst man hingegen
rwähnten Schalldeckel vorsichtig ab, so fliegt das Insect
och, aber ohne Geräusch: Man sieht dann während der
lbewegung die darunter liegende Membrane sich weit öff-
Bei den Maikäfern ist dieses Stimmorgan sichtbar zwi-
den beiden Flügelsectoren nahe am Gelenke derselben an-
cht. Uebrigens ist es sehr wohl möglich, dafs bei einigen
en das Summen wirklich vom schnellen Flügelschlage ent-
da wir auch bei den Vögeln ein Geräusch solcher Art
nehmen, dafs bei den kleinern Vögeln z. B. den Sperlingen
n schwirrender, bei gröfsern z. B. den Tauben und Möwen
n pfeifender Ton sich äufsert; noch lauter ist das Sausen
Rauschen der Raubvögel und der Schwäne; die Eule hin-
, die zu ihren nächtlichen Raubzügen eines leisen Flugs
f, hat die Enden ihrer Flügelfedern mit einem feinen
besetzt[3], der jenes Geräusch aufhebt.

Einige Schriftsteller, z. B. SILBERSCHLAG[4] und Hu-

Chabrier a. a. O. VI. 447.
Ebend. VI. 454.
Bemerk. von Silberschlag a. a. O. 2**.
a. a. O.

ber[1] haben es versucht, die Classen der Vögel nach stalt ihrer Flügel einzutheilen: der letztere beschri hierbei auf die Raubvögel, die er in *Ruderer* und *S* meurs et voiliers) unterscheidet. Für verschiedene l Bemerkungen über diese Thiergattung verweisen wir Verfasser selbst; uns genügt hier, das, was über di des Fluges bisher versucht worden ist, beigebracht, leicht die Aufmerksamkeit der Physiker auf diese etwa sene Aufgabe gelenkt zu haben.

Flintglas.

Eine Glasart, die ihren englischen Namen *Flintg* Flint, Feuerstein, hat, und die in der praktischen O durch merkwürdig geworden ist, dafs sie, als stärk zerstreuend, sich vorzüglich brauchbar zu den Com der zusammengesetzten achromatischen Objective zeigt Linsen werden nämlich aus einer concaven, das Li zerstreuenden Linse von Flintglas, und aus einer o convexen Linsen aus einer andern weniger stark zer Glasart, gewöhnlich aus englischem Kronglase *Cr* verfertigt[2]. Dollond, der zuerst die Brauchbark glases zu diesem Zwecke erkannte, gab als mittleres B verhältnifs 1,583 zu 1, für dasselbe an, also nicht s schieden von dem für Kronglas geltenden; aber die Z der Farben ist ungemein viel stärker. Nach einer von mitgetheilten[3] Nachricht, die sich auf Ramsden's l gründet, war das vortreffliche Glas, dessen sich Do seinen berühmten, und noch jetzt so geschätzten F bediente, nicht von dem gewöhnlichen, unter de Flintglas bekannten, weifsen Krystallglase, sonder sich jenes Glas von einer Glashütte im Norden Engl schafft, wo ein Block von Flintglas vorhanden war, Auslaufen aus dem Risse eines Tiegels entstanden Jahre lang in der Gluth gelegen hatte, indem man ihn

1 Huber Observations sur le vol des oiseaux de pro Genève. 1784. 4.

2 Vergl. Art. *Fernrohr*.

3 Kastner's Archiv. VII. 250.

eifsen des Ofens auffand [1]. Aus diesem Umstande ist es auch erklärlich, warum man nachher selbst in England, doch noch immer Flintglas verfertigt wurde und verfertigt l, es so schwer fand, gute brauchbare Stücke zu finden, m hiernach jene vorzüglich guten Stücke aus einer ganz rs behandelten Masse hervorgegangen waren. Die Schwierit, brauchbare Gläser zu Fernröhren zu liefern, besteht nämnicht so sehr darin, dafs man eine das Licht stark zerende Mischung finde, sondern in der, gerade bei dieser rt am meisten schwierigen Darstellung einer durchaus gleichn Masse; denn die geringste Ungleichartigkeit wird beim uche im Fernrohr durch ein streifiges Ansehen der Gegenmerklich, indem die ungleiche Mischung eine nicht in allen n der Masse gleiche Brechung der Lichtstrahlen hervorbringt. Die mannigfaltigen Bemühungen, diese Glasart nachzuen, sind lange Zeit ohne genügenden Erfolg geblieben. stützte seine Versuche auf die Entdeckung, dafs jene rt viel Bleikalk enthalte, und dafs diese Beimischung von die Farbenzerstreuung in ungemeinem Mafse vermehre, rend man durch stärkern Zusatz von Alkalien die mittlere hung vermindern könne; aber brauchbare Gläser scheint er wohl nicht erhalten zu haben [2].

In Frankreich erhielt 1773 Lebaude einen Preis wegen s Flintglases, und Allat verfertigte auf Büffon's Vorg Flintglas; aber nach Körner's Bemerkung sind die von n angegebenen Verhältnisse der Bestandtheile nicht gerade lich, um vollkommenes Flintglas zu erhalten, und man auch in Frankreich selbst nicht damit zufrieden, sondern e einen neuen Preis auf die Darstellung vollkommnern tglases. Dufougerais, dessen Flintglas Körner gerade chlecht nennt, erhielt von der Pariser Akademie ein sehr heilhaftes Zeugnifs über sein Flintglas; indefs ward es doch zu sehr kleinen Objectiven angewandt [3]. Glücklicher ist atigues gewesen, der nicht so sehr dahin strebte, ein

---

1 Rochon's Nachricht, dafs Holles schon vor Dollond das Flintzu Fernröhren angewandt habe, scheint doch etwas zweifelt, da diese Fernröhre nirgend bekannt geworden sind. G. IV. 302.

2 Mém. de l'acad. de Berlin pour 1766 p. 150.

3 G. XXXIV. 250.

recht schweres Glas zu erhalten, sondern bei etwas mind Farbenzerstreuung ein von ungleichen Streifen freieres Glas er Sein Flintglas war etwa 3,2 mal so schwer als Wasser; das b erhielt er aus der Mitte des Tiegels, wo ein Klumpen heraus nommen, geblasen und auf die gewöhnliche Weise gestreckt wa BIOT giebt in seinem Berichte darüber die Brechung im Verhä zu der des franz. Kronglases wie 157 zu 151 an, das Verhält der Zerstreuung wie 160 zu 100. Aus diesem Glase wu größere Objective verfertigt, die den Werth dieser Glasart lich zu beglaubigen scheinen [1]. Obgleich aber die von CHOIX aus diesem Glase verfertigten Fernröhre ausgez gut gewesen seyn sollen, so hat man doch nicht gehört ähnliche aus diesem Glase verfertigten Fernröhre recht in lauf gekommen wären und sich vorzüglich beliebt g hätten. Dieses ist dagegen in hohem Grade der Fall ge mit FRAUNHOFER's Fernröhren, zu denen dieser seit 1811 Glasarten selbst bereitete. Sein Verfahren dabei ist noch bekannt, aber bekannt genug ist, dafs seine bis zu 9 Zoll Ö nung verfertigten Objective unvergleichlich viel mehr leist als je vor ihm geleistet ist, und dafs er selbst 12zöllige zu fern im Begriff war, als der Tod ihn zu früh den Wis ten entrifs.

FRAUNHOFER hat die Art, wie er sich von der Güte nes Glases überzeuge, bekannt gemacht, und bemerkt, dafs Entdeckung der feinen Linien im Farbenbilde [2] ihn erst v kommen belehrt habe, dafs gewöhnlich die Brechung noch schieden sey, selbst wenn man mehrere Stücke aus derselb Glasscheibe nehme. Hierdurch belehrt stellte FRAUNHOFER lange wiederholte Versuche an, bis es ihm gelang, eine so Gleichförmigkeit der Masse zu erhalten, dafs aus einem H mit 400 Pfund Flintglas, selbst zwei Stücke, deren eins v Boden, das andere von der Oberfläche genommen ist, vollk men gleiches Brechungsvermögen haben [3].

FRAUNHOFER giebt die Brechungsverhältnisse für v schiedene Puncte des Farbenspectrums auf folgende Weise

1 G. XXXVII. 365.

2 Vgl. Art. *Farbe*.

3 FRAUNHOFER über Bestimmung des Brechungsvermögens v schiedener Glasarten. S. 27. auch G. LVI. 307.

von ihm bemerkten Linien im Farbenspectrum gaben ihm Mittel ganz genau denselben Punct bei mehrern Versuchen : Gegenstande seiner Beobachtung zu wählen und so waren ine Linie im Roth, C eine zwischen Roth und Orange, D zwischen Orange und Gelb, E im Grün, F im Blau, G n den Uebergang des Indigblau in Violett hin, H im Vioschon ziemlich gegen die Grenzen des Bildes. Hier war bei einem mit No. 13. bezeichneten Flintglase und bei eimit No. 9. bezeichneten Kronglase das Brechungsverfs

für den Strahl	B	1,62775 1,52583;
für - -	C	1,62968 1,52685;
für - -	D	1,63504 1,52959;
für - -	E	1,64202 1,53300;
für - -	F	1,64826 1,53605;
für - -	G	1,66028 1,54166;
für - -	H	1,67106 1,54657.

Verhältnifs der Farbenzerstreuung im ersten Theile des Bilist demnach 1 zu 1,9, im letzten Theile 1 zu 2,2. Die tandtheile seines Flintglases und die Kunst der Bearbeitung FRAUNHOFER geheim gehalten; KÖRNER hat die Bestandile zwar untersucht, aber sie aus Rücksicht auf die Wüne des Erfinders nicht bekannt gemacht.

KÖRNER selbst ist nun endlich noch als ein Künstler zu nen, der mit vollkommen gutem Erfolge Flintglas verfertigt, d sich durch Bemerkungen über das Verfahren bei der Vertigung ein eigenthümliches Verdienst erworben hat [1]. Er d das specifische Gewicht des englischen Flintglases erster rte = 3,373, zweiter Sorte = 3,4416; des Glases von D'ARTIES = 3,1576; des Glases von FRAUNHOFER = 3,7786; des ases von KÖRNER's eigener Arbeit = 3,341. Er verfertigt eses aus 100 Theilen eines vorher mit Salzsäure behandelten

1 Kastner's Archiv VII, 233.

Quarzes, 80 Theilen Mennig und 30 Th. Weinsteinsalz. S[illegible] Glas war in so großer Hitze bereitet, daſs der Ofen zu schm[illegible] zen anfing; es war völlig wasserhell und klar, ohne alle St[illegible] fen. Körner bemerkt, daſs es zum Darstellen eines g[illegible] Krystallglases eines hellen, nicht rauchenden Feuers bed[illegible] und daſs man daher Holz anwenden müsse. Die Engl[illegible] schmelzen es bei Steinkohlenfeuer in fast ganz geschlossenen [illegible] fäſsen, aber da alsdann die Hitze nicht groſs genug ist, kommt die Masse nicht zu hinreichend genauer Mischung; darin liegt schon ein Grund der Streifen in den Gläsern. [illegible] tiguet vermied diesen Nachtheil, indem er Holz als [illegible] material anwandte, und bei offenem Hafen die Oberfläche [illegible] Hafens der Flamme aussetzte; dadurch wird der dünne[illegible] des Glases bewirkt und ein vollkommenes Glas ge[illegible] Körner bemerkt auch, daſs das Umschmelzen eines nich[illegible] Streifen freien Glases nicht zu empfehlen sey, weil es [illegible] wieder auf die starke Hitze ankomme, und bei diesem [illegible] Umschmelzen leicht Blasen erzeugen. Daſs auch die Art, [illegible] die Tafeln geblasen werden, zu Streifen Veranlassung g[illegible] läſst sich wohl einsehen. Wenn nämlich der ungeschickte [illegible] beiter die Pfeife eintaucht, sie dann um ihre Axe dreht, [illegible] sich mehr Glasmasse anhänge, so verbindet sich der äuſs[illegible] mer schon etwas abgekühlte Theil der Masse nie ganz vollkommen mit der neu aufgewickelten, und man erkennt die Windungen an den sich in der Glasmasse zeigenden Streifen; bei dem wiederholten Eintauchen, um die Masse durch Blasen weiter zu Tafeln auszubilden, wird der Nachtheil, den die ungleich[illegible] Lagen hervorbringen, noch verstärkt. Bei mehr Geschicklichkeit des Arbeiters werden die Lagen mehr Parallelität erlang[illegible] und die Nachtheile vermindert. Die Streifen sind auch d[illegible] unvermeidlich, wenn die Masse nicht ganz lauter geschmol[illegible] ist, und noch feine Bläschen vorhanden sind, diese mög[illegible] nun von Kohlensäure oder von in Dampf aufgelösten Sal[illegible] herrühren; und selbst wenn die Bläschen ausgetrieben sind, [illegible] erfordert es (nach Körner) noch einige Zeit, bis die, ungleic[illegible] Brechung zeigenden, Streifchen, die gleich Schwänzen d[illegible] Bläschen anhängen, sich ganz verloren haben.

Aus Körner's handschriftlicher Mittheilung füge ich n[illegible] folgendes hinzu. Es ist diesem Künstler durch Unterstütz[illegible] des Groſsherzogs und wiederholte mit ausdauerndem Fleiſs[illegible]

ausgeführten Versuche geglückt, ein vollkommen gutes Flintglas besser als das englische ued französische zu erhalten, welches vielleicht nur durch das Fraunhofer'sche übertroffen werden könnte [1]. Er hat es in Quantitäten von 400 Pfunden dargestellt. Er fand den Brechungsexponenten für die mittlern Strahlen im Kronglase = 1,5190611
der einen Sorte Flintglas = 1,6112927
der zweiten Sorte Flintglas = 1,634888.

Zerstreuungsmaſs oder $\frac{dm'}{dm}$ mit der ersten

= 1,879886

mit der zweiten = 2,147241.

Er berichtet ferner, daſs die nach eigener Berechnung angefertigten Fernröhre (wobei die unvermeidlichen praktischen Fehler berichtigt werden) sehr gute Wirkung thun. Eine Probe dieses Glases, welches der Verfertiger mir zur Ansicht mitgetheilt hat, ist in der That, dem äuſsern Ansehen nach, sehr vorzüglich; es scheint ganz gleichförmig, ist sehr durchsichtig und läſst keine Spur von Streifen und Bläschen wahrnehmen; — die eigentliche Entscheidung über die Vollkommenheit des Glases kann man sich jedoch nicht anmaſsen, so lange man nicht daraus geschliffene gröſsere Objective gesehen hat.

B.

Flüssigkeit.

Fluidität, Liquidität, Flüssiges, Liquides; *Fluidum, liquidum, fluiditas, liquiditas;* Fluide, liquide, fluidité, liquidité, *Fluid, liquid, fluidity, liquidity.*

Das Wort *Flüssigkeit* hat eine doppelte, in andern Sprachen durch eigenthümliche Benennungen unterschiedene, Bedeutung, indem es sowohl die Körper selbst als auch ihren physischen Zustand bezeichnet. In beiden Beziehungen hat es dann wiederum eine doppelte Bedeutung, indem die Flüssigkeiten entweder *tropfbar* oder *expansibel* (elastisch) sind, und der Zustand derselben entweder ein *tropfbarer* oder *gasförmiger*

1 Körner's eigene Worte.

Röhren [1]. Aus der leichten Verschiebbarkeit der einzeln Theilchen oder dem widerstandlosen Hingleiten derselben üb einander folgt dann ihre Neigung zur Tropfenbildung von selbst und es lassen sich darauf zugleich diejenigen Erscheinungen zurückführen oder an dieselbe mindestens anknüpfen, deren Gesetze in der Hydrostatik und Hydraulik näher untersucht werden [3], und hier deswegen unerörtert bleiben.

Der Zustand der Flüssigkeit ist ein *relativer* und grenzt ohne völlig scharfen Unterschied an den der *Starrheit*. So kann die Naphtha flüssiger genannt werden als Wasser, minder flüssig als letzteres ist Oel, noch weniger Syrup, geschmolzenes Pech und verweichtes Wachs, welche beide letztere so nahe an Starrheit grenzen, dafs der Unterschied schwer anzugeben ist. Inzwischen unterliegt die Bestimmung, ob ein Körper flüssig zu nennen sey oder nicht, keiner Schwierigkeit, indem ihm dieses Prädicat so lange zukommt, als sich Tropfen aus ihm bilden. So wird man Wachs, Pech, Siegellack, Glas u. dgl. blofs erweicht nennen, wenn sie biegsam sind, und einem äufseren Drucke nachgeben, flüssig aber heifsen sie, wenn Tropfen von ihnen herabfliefsen, obgleich diese oft bei unvollkommener Flüssigkeit und vorwaltender Zähigkeit der Körper keine runde, sondern eine länglichte, birnförmige, Gestalt annehmen, wie namentlich bei den Glastropfen oder Glasthränen beobachtet wird.

Wenn man die Fähigkeit, Tropfen zu bilden, als charakteristisches Kennzeichen einer Flüssigkeit ansieht, so unterscheiden sich diese Körper sehr wesentlich von solchen, deren Bestandtheile sich leicht trennen lassen, und welche eben daher einige Eigenschaften mit jenen gemein haben, namentlich dafs sie die Form der Gefäfse annehmen, worin sie sich befinden, so dafs man sie deswegen auch halbflüssig genannt hat, als lockere Erde, trockener Sand, Staub, Mehl und alle fein pulverisirte Körper. Genau genommen kann man aber solchen Substanzen die wesentlichen Eigenschaften der starren Körper, nämlich geringere Adhäsion und merklichere Reibung an einander nicht absprechen, nur sind ihre Theilchen zu klein, als

1 Vergl. *Hydraulik.*
2 Vergl. *Tropfen.*
3 Vergl. *Hydrostatik* und *Hydraulik.*

man jene messen könnte, indem sie erst bei zunehmender ise auffallender werden. So sind sie bei Kieselpulver ganz ıerklich, sichtbarer bei feinem Quarzsande, und grober Sand r Kies erscheint schon in den einzelnen Theilchen als aus ren Körpern bestehend. Deswegen werden die aus mehrern tennten Theilen bestehenden Massen um so weniger beim schütten eine ebene Oberfläche bilden, je gröſser ihre Bedtheile sind, weil hiermit zugleich die Reibung derselben inander wächst, vollkommen eben ist die Oberfläche aber bei den Flüssigkeiten, deren Bestandtheile gar keine meſs- Reibung an einander zeigen[1].

Als bloſse Thatsache ist hinlänglich bekannt und bedarf einer allgemeinen Erwähnung, daſs der Zustand des tropf-Flüssigseyn's zwischen der Starrheit und der Gasform in Mitte liegt, und hauptsächlich durch die Wärme desgleichen h äuſseren mechanischen Druck bedingt wird. Rücksicht-der Ersteren werden die meisten Körper durch Vermehrung Wärme flüssig, und man darf der Analogie nach schlieſsen, es einen Grad der Hitze giebt, bei welcher kein Körper Zustand der Starrheit beibehalten würde[2]. In Beziehung Dämpfe und Gasarten ist schon gezeigt[3], daſs selbst bei höchsten Temperaturen der Wasserdampf durch hinrei-de Compression in tropfbar flüssiges Wasser verwandelt len kann, und daſs dieses bei niedrigeren Wärmegraden ı leichter geschehen könne, ja alsobald erfolge, wenn man Compression über seine Elasticität erhöhet, ist an sich klar. in gehören dann auch die schon erwähnten Versuche von IARD DE LA FOUR[4], welche indeſs noch eine Wieder-ng und genaue Prüfung erfordern. Von den Gasarten ist ch nicht mit Gewiſsheit ausgemacht, ob einige bisher dem usse des Erkaltens und des mechanischen Druckes völlig rstanden haben, allein da schon verschiedene derselben bar flüssig gemacht sind, so hat man auf allen Fall Grund ermuthen, daſs unter geeigneten Bedingungen sie sämmt-

---

1 Vergl. LAMBERT in Mém. de Berlin. 1772. 33.

2 Die Angabe der Temperaturen, bei denen die bekannten er flüssig werden s. im Art. *Schmelzen*.

3 S. Th. II. S. 296. Vergl. 411.

4 S. Th. II. S. 280.

lich diese Veränderung erleiden würden[1]. Aufserdem behaup auch Perkins[2], dafs es ihm gelungen sey, durch sehr stark mechanischen Druck verschiedene tropfbare Flüssigkeiten zu Krystallisation zu bringen; es ist jedoch nicht angegeben werde welche Flüssigkeiten noch unter welchen Nebenbedingungen, und die Sache mufs daher erst durch die Erfahrung noch weiter bestätigt werden, ehe man mit Sicherheit ein physikalisches Gesetz darauf bauen kann.

Als eine sehr beachtenswerthe Eigenschaft der Flüssigkeiten mufs hier endlich noch erwähnt werden, dafs sie die Fähigkeit haben, gewisse andere feste, flüssige und gasförmige Körper in sich aufzunehmen, ohne dafs ihr Volumen der Summe der beiden vereinigten gleich werde. Dafs ihr Volumen durch jede auflösbare Menge mit ihren vereinigten Körpern gar nicht vermehrt werden sollte, wie unter andern Hutton[3] behauptet, ist an sich nicht wahrscheinlich, und streitet gegen die Erfahrung, indem sonst die Zunahmen des spec. Gewichts derselben den Procenten der aufgelöseten Substanzen direct proportional seyn müfsten. Werden z. B. 15 p. C. Kochsalz vom Wasser gelöset, so müfste das specifische Gewicht der Mischung = 1,15 seyn, anstatt dafs es um = 1,11 gefunden wird[4], und gäben Mischungen von Weingeist und Wasser keine Vermehrung des Volumens, so würde das spec. Gew. von gleichen Massen derselben = 1,791 seyn, da keine Verbindung beider = 1 wird.

Schlönbach[5] nimmt rücksichtlich der Salzsolutionen und der Mischungen von Alkohol und Wasser an, dafs das Salz oder der Alkohol nicht in die Zwischenräume des Wassers aufgenommen werden, sondern ihre Volumina, wie aufser dem Wasser beibehalten, dafs aber das Wasser sich um einen aliquoten Theil zusammenziehe, eine allerdings nicht verwerfliche Vorstellung. Hiernach bestimmt er den geometrischen Ausdruck für die Zusammenziehung des Wassers = Z, welcher bei Salzlösungen Z = 0,2 n W und für Mischungen von Weingeist und Wasser Z = 0,15134 n' W ist, wenn W das Volumen des

---

1 Vergl. Art. *Gas*.
2 Ann. of Phil. VI. 66.
3 Dict. I. p. 523.
4 S. Bischof bei G. XXXV. 372.
5 G. XI. 175.

[enge des Wassers, n und n' aber die Menge des trocknen s und des absoluten Alkohol's bezeichnet. Eine Vermeh- des Volumens der Flüssigkeiten findet endlich auch dann wenn sie Gasarten, insbesondere in großer Quantität biren [1].

Auffallend ist es übrigens, daſs z. B. Wasser eine gewisse tität Salz, dann noch eine kleine Menge Zucker und noch Alaun auflösen kann, mit steter Zunahme seines spec. chtes [2], so daſs also, wenn auch das Volumen etwas ver- ert wird, diese Vermehrung dennoch der Masse des hinzu- ıenden Körpers nicht proportional seyn kann. Uebrigens sich diese Eigenschaft der Flüssigkeiten als eine mehr allge- e betrachten, indem auch feste Körper sowohl tropfbar- ach elastisch - flüssige Körper in sich aufnehmen, ohne der aufgenommenen Masse proportionale Vergröſserung des mens, welches sich indeſs leicht aus einer Aufnahme in Poren der festen Körper erklären läſst. Endlich vereinigen uch feste Körper, namentlich Metalle, mit einander unter änderung des Volumens, weswegen das Quantitative der elnen Bestandtheile solcher Verbindungen, z. B. des Zinn- s, aus dem spec. Gewichte nicht genau gefunden werden . Daſs diese Vereinigungen übrigens einen statt gefunde- Flüssigkeitszustand als nothwendige Bedingung fordert, ıls allgemein bekannt vorausgesetzt werden.

Es ist ferner bekannt, daſs der Flüssigkeitszustand der en Körper auf dem Einflusse der Wärme beruhet, und da harakter desselben in der leichten Verschiebbarkeit ihrer chen besteht, so muſste nothwendig die Frage auffallen, d nach welchem Gesetze der Flüssigkeiten, ohne noch im sten fest oder zähe zu seyn, durch Vermehrung der Wär- ıch mehr flüssig würden. Gerstner hat hierüber eigends Reihe von Versuchen angestellt, indem er Wasser aus ei- blechenen Gefäſse durch ein horizontales Röhrchen flieſsen und bei gleichem Drucke die in gleichen Zeiten ausge- nen Quantitäten maſs [3]. Aus den erhaltenen Resultaten

---

[1] S. *Absorption*. Th. I. S. 63.

[2] Hutton a. a. O.

[3] Neuere Abh. der Kön. Böhmischen Gesellsch. der Wissenschaf- Prag 1798. III. 141. daraus bei G. V. 160.

folgt, dafs die Wärme das Wasser bedeutend flüssig und zwar ist der Einfluſs derselben gröſser bei kleinere messer der Röhren und geringerer Geschwindigkeit d gung; am gröſsten ist er in der Nähe des Gefrierpun einem bestimmten allgemeinen Gesetze haben indeſs s suche nicht geführt. Uebrigens hängt diese Erscheinu zusammen, dafs die Adhäsion der Flüssigkeiten an fe per mit zunehmender Temperatur abnimmt, worüber g noch kein allgemeines Gesetz aufgefunden ist[1].

B. Ursachen der Flüssigkeit

Der Zustand der Flüssigkeit ist nicht im Wesen de gegründet, so dafs er gewissen Substanzen ausschlieſ käme, vielmehr sind, mit Ausnahme des absoluten A und des Schwefelkohlenstoffes, alle tropfbare Flüssigkei reits in feste Körper verwandelt, und bei weitem di Menge der bei gewöhnlicher Temperatur festen Substanz durch hinlängliche Wärme flüssig. Kürzlich hat Brayl beweisen gesucht, dafs es eigentlich nur zwei Zustä Körper gebe, nämlich der Festigkeit und der Expansion schen denen das Flüssigseyn nur als Uebergangsform lie Gründe hierfür erscheinen ihm die bekannten Thatsach kein scharfer Unterschied zwischen Gasarten und Dämpf finde, letztere aber nur der erhöheten Temperatur u Mangel an Druck ihre Expansion verdanken, wonach a Flüssigkeiten nur als comprimirte Dämpfe anzusehen ferner dafs auch diejenigen Substanzen, welche aus d stande der Festigkeit sogleich in den der Expansion übe nur unmeſsbar kurze Zeit und unmerkbar im Zustande d sigkeit verweilen. Letzteres zu beweisen wäre ei überflüssig, da es mehr für seine Behauptung spräche recht viele Substanzen sich bloſs fest und gasförmig allein es kommt ihm darauf an zu zeigen, daſs zwisch Festwerden gasförmiger Körper allezeit der Flüssigkeit liege. Ohne auf alles Einzelne einzugehen, was f Meinung gesagt wird, erwähnt Brayley auch das Fes einer Verbindung aus Ammoniakgas und Kohlensäur

1 Vergl. *Adhäsion*.

2 Ann. of Phil. N. S. LXIX. 192.

it dieses nach seiner Ansicht zu erklären; weniger gründlich d die merkwürdige Erscheinung erläutert, dafs der Schwe- erst vollkommen flüssig wird, bei gröfserer Hitze wieder arret und nach einem abermaligen Uebergange zur Flüssig- t sich verflüchtigt und abgekühlt als Schwefelblumen in Pul- form erscheint. Dasjenige Argument, welches er als seiner sicht widersprechend anführt, nämlich dafs sowohl Eis als h Schnee bedeutend verdunsten, ist weniger gewichtig, als es ı ihm angeschlagen wird, indem gerade bei Wasser der ergang von Dampf in Dunst und tropfbare Flüssigkeit so ht geschieht, und es noch fraglich ist, ob aus dem Eise und nee eigentlicher Dampf oder nur Dunst gebildet wird, nach meinen Beobachtungen[1] die vom Eise bei — 18°,5 C. rissenen Theilchen sich als feiner Dunst an einer kälteren ndung anlegten, und dann erst zu Eiskrystallen gefroren. lich führt Brayley auch Oersted's Aeufserung zum Be- se seiner Ansicht an, wonach die Compression tropfbarer sigkeiten und selbst fester Körper nach gleichen Gesetzen hehen soll, als die der Gasarten, welches indefs noch kei- wegs entschieden ist, und wenn dieses auch wäre, so würde Zusatz Oersted's, „dafs die Zusammenpressung eines pers nur allein in den Uebergangsmomenten aus einem Ag- atzustande in den andern aufhöre, sich nach jenem Gesetze regeln," beweisen, dafs dieser Physiker einen dreifa- a Aggregatzustand der Körper annimmt, welcher durch Modification der Gesetze seines Verhaltens beim Ueber- ge aus dem einen in den andern sich als ein besonderer zeigt. man indefs gerade die hier gewählten Substanzen als Bei- l benutzen, und die Compression des Wasserdampfes mit les Wassers vergleichen, so ist die Elasticität mit der Tem- tur wachsend und beim Nullpuncte unmerklich, was bei erem keineswegs statt findet. Wollte man übrigens auch hmen, das Verhalten der Körper gegen mechanische Zu- nendrückung sey bei jedem Aggregatzustande in sofern h, dafs, wie bei der Luft, die Dichtigkeit von einem ge- en Puncte derselben ausgehend der zusammendrückenden t proportional wüchse, welches übrigens noch keineswegs esen und im Allgemeinen nicht einmal wahrscheinlich ist,

1 S. *Verdunstung.*

so würde dennoch der Zustand der tropfbaren Flüssigkeit sch
deswegen als ein eigenthümlicher anzunehmen seyn, weil d
zur Vermehrung der Dichtigkeit erforderlichen Druckkräfte na
dem Uebergange aus dem Zustande der Expansion in den trop
bar-flüssigen bei sehr vielen oder allen expansibelen Flüs
keiten sich bedeutend ändern. Unter andern wird Chlo
durch den Druck weniger Atmosphären tropfbar-flüssig,
wächst somit um ein Vielfaches seiner Dichtigkeit, würde
zufolge der Analogie aller tropfbaren Flüssigkeiten nach
Veränderung seines Aggregatzustandes einen Druck von
Tausenden von Atmosphären erfordern, um dann nur d
pelte Dichtigkeit zu erlangen. Nach allem diesen und
haupt in Gemäfsheit der gesammten Erscheinungen müsse
den Flüssigkeitszustand eben sowohl für einen eigenthüml
Aggregatzustand halten, als die beiden übrigen.

Ungleich schwieriger, als diese Entscheidung, ist
Beantwortung der Frage, was wohl die physische Ursache
Flüssigkeitszustandes der Körper seyn möge. Nach Gass
und seinen Anhängern wird erfordert, dafs die Atome
flüssigen Körpers rund, völlig glatt, sehr klein und über
Zwischenräumen umgeben sind. Cartesius dagegen
die Bedingung des Flüssigseyns in eine stete Bewegung der
Elemente eines Körpers, anstatt dafs aus der Ruhe derselben
die Festigkeit folgen sollte. Als Beweis hierfür diente eben der
Hauptcharakter flüssiger Körper, deren Theilchen sich ohne
merklichen Widerstand über einander hinbewegen lassen, we
sie an sich schon in Bewegung seyen, und daher jedem Imp
sogleich nachgäben. Einen zweiten Beweis seines Satzes f
er in der auflösenden Kraft der Flüssigkeiten, deren Theil
nicht ohne Bewegung in die aufzulösenden Substanzen drin
könnten, was aber namentlich bei Säuren mit einer grofsen K
und dem Vermögen geschehe, die festesten Körper zu trenn
Endlich könnten feste Körper nicht anders flüssig werden,
durch den Zutritt irgend einer aus stets bewegten Theilchen
stehenden Substanz z. B. des Feuers, der Luft, des Wass
u. a. m. Nach der Ansicht der Cartesianer ist dann die L
die eigentliche bedingende Ursache der Flüssigkeit, und th
die Bewegung dem Feuer und Wasser mit, eine Behaupt
welche aus einer mangelhaften Kenntnifs der Dämpfe entstand
zu seyn scheint; die Luft aber erhält ihre Beweglichkeit da

Aether, welcher überhaupt die erste Bedingung aller Beung ist[1].

Anhänger dieser Cartesischen Ansicht waren HOOKE und esondere R. BOYLE[2], welcher die innere Bewegung der sten Theile flüssiger Körper sogar durch Versuche anschaumachen wollte. Zu diesem Ende erhitzte er sehr fein risirten Gyps in einem Gefäſse, und beobachtete dann an lben eine ähnliche wallende Bewegung, als siedende igkeiten zu zeigen pflegen. Wenn er mit einem Stabe rührte, so entstand eine wellenartige Bewegung, ja die baren Wellen schlugen selbst nach Art einer Brandung die Wände des Gefäſses. Lockerer Sand zeigt ähnliche rungen flüssiger Körper, wenn er in einem Gefäſse ert wird, d. h. nach Cartesischer Ansicht, wenn seine le Bewegung erhalten; namentlich wird dann ein schwere- Körper in ihm niedersinken, ein leichterer aufsteigen. Inchen bedarf diese Hypothese jetzt keiner Widerlegung mehr, ist in gewisser Hinsicht schon durch MUSSCHENBROEK[3] gend widerlegt, indem er zeigt, daſs die Theile des stark mmengepreſsten Wassers doch unmöglich in steter Beweg seyn können.

BOERHAVE folgt ohne Zweifel dem bloſsen Ergebnisse der hrung, wenn er das Feuer oder die Wärme als eigentliche che der Flüssigkeit angiebt, jedoch ist darunter das Elearfeuer oder der Wärmestoff zu verstehen, denn dieses t auch den Gasarten den Flüssigkeitszustand. DR. BLACK leicher Meinung, und setzt noch hinzu, daſs der verschie- Grad der Hitze, welche erfordert wird, um diesen Zu- bei den leichtflüssigen und strengflüssigen Körpern herabringen, durch Besonderheiten der Mischung und Zumensetzung derselben bedingt sey. Als Beweisgrund für Behauptung dient ihm vorzüglich die Erfahrung, daſs im emeinen alle Mischungen bei geringeren Graden der Hitze ig werden, als die einzelnen Bestandtheile. NEWTON hat

1 Vergl. Hutton Dict. Art. Fluidity und die nachfolgende Schrift.

2 Fluiditatis et firmitatis Historia. S. Works. Lond. 1665. ol. fol. I. 240.

3 Die ausführliche Prüfung der Gründe und Gegengründe findet in dessen Introd. II. p. 483.

sich über das Wesen des tropfbar-flüssigen Zustandes nic eigentlich erklärt, denn was er als Hypothese zur Erklärung d Flüssigkeitszustandes im Allgemeinen sagt, bezieht sich offen bar auf die Gasform. Dagegen bemerkt s'GRAVESANDE[1] se scharfsinnig, die Frage, ob der Flüssigkeitszustand allgem von der Wärme abhänge, könne deswegen nicht genüge beantwortet werden, weil wir den absoluten Nullpunct, man darf hinzusetzen, das Verhalten der Körper bei dems ben, nicht kennen. Gewiſs sey dagegen, daſs nicht bloſs v schiedene im gewöhnlichen Zustande feste Körper, als Me Wachs u. s. w. durch Wärme flüssig würden, sondern daſs mehrere, unter den gewöhnlichen Bedingungen flüssige, sen ihren Zustand der Wärme verdankten; wie denn na lich das Wasser als geschmolzenes Eis zu betrachten s MUSSCHENBROEK[2] bestreitet diese Ansicht zum Theil des gen, weil nach der Hypothese der Cartesianer das Feuer das ursprünglich Bewegende der Flüssigkeiten galt, und er dies anzunehmen nicht geneigt ist, zugleich führt er aber als Gegen beweis an, daſs nach MOSES die Flüssigkeiten schon vor dem Feuer erschaffen wären. Vielmehr scheint ihm das Wesen der Flüssigkeit in einer auſserordentlichen Feinheit der Bestandthei chen zu bestehen, und er zeigt hiernach nicht bloſs, daſs die sogenannten halbflüssigen Körper, als feiner Sand, Pulver u. dgl. bei genauer Betrachtung doch immer noch in ihren einzelnen Theilen kenntlich seyen und sich als Pulver, nicht als Flüssigkeiten darstellten, sondern daſs auch die Wärme bloſs durch Verkleinerung der Elemente den Flüssigkeitszustand er zeuge und aus einem unvollkommenern in einen mehr vollkom menen verwandle. Dieses Letztere bezieht sich indeſs ni auf die oben erörterte interessante Untersuchung, nach welch Gesetze die Flüssigkeit tropfbar-flüssiger Körper mit der Te peraturerhöhung wächst, sondern auf einige das Wesen d Sache nicht eigentlich berührende Erscheinungen, nämlich d z. B. Eierweis durch Wärme des Brütens dünnflüssiger wi daſs sich aus jungem dickflüssigem Weine durch Destillati Spiritus erhalten läſst, aus Harzen ein flüchtiges Oel u. s. w.

Es scheint mir überflüssig, alle Meinungen älterer Physi

---

1 Physices Elem. math. II. p. 662.

2 Introd. II. 485.

r die eigentliche Ursache des tropfbar-flüssigen Zustandes Körper auch nur historisch zu erwähnen, und es möge dar nur noch FONTANA's Erklärung desselben hier Platz finden[1]. ch seiner Ansicht, wenn man sie kurz darstellt, sind in al- Körpern zwei Kräfte thätig, zuerst die Anziehung, in Folge en alle Körper fest seyn würden, wenn sie allein wirksam e, und es muſs daher noch eine zweite vorhanden seyn, he verhindert, daſs tropfbare Flüssigkeiten durch mechani- Gewalt zusammengedrückt nicht fest werden. Diese ausende Kraft scheint ihm die Wärme zu seyn, welche daher feste Körper tropfbar flüssig macht, jedoch ist es nicht Wärme allein, welche der Zusammendrückung widersteht, ern vielmehr die individuelle Lage der Bestandtheile tropfr Flüssigkeiten und die hieraus folgende gröſsere Menge Berührungspuncten kann der zusammendrückenden Gewalt erstand leisten. Daſs FONTANA hiernach den Atomen eine chiedene Form und absolute Härte beilegen müsse, folgt l nothwendig aus dieser Hypothese. Vermehrung der ärme, als des ausdehnenden Principes, bewirkt dann eine rgröſserung des Volumens der Körper im Allgemeinen, und ugt bei gröſserer Steigerung die Dämpfe, welche eben desgen durch bloſse Entziehung dieses ausdehnenden Principes der in den tropfbar flüssigen und festen Zustand zurückren. Weil aber die Luft einer solchen Veränderung nicht erworfen ist, so reicht das ausdehnende Princip der Wärme ihr nicht hin, sondern das *Phlogiston* ist bei ihr die Urhe der Expansion. Die Gründe, worauf diese letztere Hyhese beruhet, verdienen jetzt keine Erwähnung mehr, da Nichtexistenz des Phlogiston's gegenwärtig hinlänglich ersen ist, und überhaupt sind seitdem so viele neue Thatsan bekannt geworden, daſs der Standpunct der ganzen Aufe dadurch als wesentlich verändert angesehen werden muſs.

Insbesondere hat H. F. LINK[2] das Wesen des Zustandes Festigkeit und des tropfbar Flüssigseyns zu bestimmen ge-

---

1 S. Opuscules physiques et chymiques. Par. 1785. Im Auszuge Sammlungen zur Physik und Naturgeschichte. Leipz. 1787. 8. 722.

2 Zuerst in seinem bekannten Werke: Ueber Naturphilosophie ipz. 1806. S. 175; dann in G. XLVII. 1 ff. endlich in Poggendorff's n. VIII. 25; 151 u. 238.

sucht. Nach ihm ist der negative, gestaltlose, gleichförmi Zustand der Flüssigkeit der ursprüngliche, der der Festigk aber der abgeleitete; das Wesen der Flüssigkeit aber wird g geben, wenn die Wirkungen der anziehenden und abstofsen den Kräfte unter der Oberfläche überall einander aufheben, dafs sich jedes Theilchen zwischen den übrigen frei bewe Bei dieser Darstellung liegt auffallend die Annahme der bei Kantischen Urkräfte zum Grunde, und sie ist anschaulich als wenn später die blofse Ungleichheit der Anziehungen angenommen wird. Hiernach heifst es [1]: „Zur Flüs wird völlige Gleichheit der Anziehungen erfordert, w seitiges Aufheben derselben nach allen Seiten;“ und a andern Stelle: „Die Verschiebbarkeit rührt von den gle Anziehungen innerhalb der flüssigen Masse her, eine Ungle heit dieser Anziehungen macht weniger verschiebbare Th chen, geringere Flüssigkeit.“ Nimmt man aber diese Au drücke in der gemeinen Bedeutung der Worte, so erklären das Wesen der Flüssigkeit durchaus nicht, man mag die erste oder die letztere Bezeichnung in dieser Hinsicht einer Prüfung unterwerfen Wenn nämlich die anziehenden und abstofsenden Kräfte sich völlig aufheben, so findet keine Wirkung weder der einen noch der andern statt, und die Molecülen der Flüssig keiten müfsten sich ohne irgend einen Widerstand trennen las sen, wogegen aufser mehreren andern Erfahrungen schon die Tropfenbildung streitet. Würde also irgend ein Körper von einer Flüssigkeit benetzt, so müfste eine Schicht dieser letzteren von verschwindender Dicke an ihm hängen bleiben, die übri gen Theilchen aber, der Schwere folgend, wie lockeres P ver herabsinken, ohne einen Tropfen zu bilden. Die spä Bezeichnung ist ungleich weniger bestimmt. Eine völ Gleichheit der Anziehungen aller Molecülen setzt keinesw ein wechselseitiges Aufheben derselben voraus, sondern bl den Zustand der Ruhe, welcher aber den festen Körpern weit gröfserem Rechte zugeschrieben werden mufs als d flüssigen, beiden aber ohne anderweitige Bedingungen unle bar zukommt. Denkt man sich nämlich ein gegebenes Mole irgend eines festen oder flüssigen Körpers etwa in der Mitte d selben, so wird es von allen Seiten völlig gleichmäfsig an

1 G. XLVII. 12 u. 13.

en, muſs daher ruhen, wird aber einer Kraft, welche das-e von den begrenzenden Molecülen trennen will, nach al-Seiten hin gleichen Widerstand entgegensetzen, auſser wo blätterige Gefüge der Krystalle eine Verschiedenheit dieser ziehung erzeugt.

Die Vorstellungen, welche Link hiernach von der Festig- und Flüssigkeit hegt, lassen sich am leichtesten beurthei-, wenn man den Weg verfolgt, auf welchem er zu densel-gelangte. Rumford folgerte nämlich aus seinen bekannten uchen[1], daſs das Wasser auf seiner Oberfläche eine Art Haut bilde, auf welcher kleine Schwimmer liegen bleiben. ich dieser Satz, wenn er übrigens wahr wäre, bloſs vom er gültig seyn könnte, und in einer gewissen Eigenthüm-keit desselben gegründet seyn müſste, so betrachtete dennoch K dieses als bezeichnenden Charakter des Flüssigkeitszustan-überhaupt, fand die Ursache des letzteren in einer Gleich-der Anziehungen nach allen Seiten, welche eben an der ze fehlen und daher diesen Zustand aufheben sollte, und ärte den Festigkeitszustand diesemnach als einen aus der ssigkeit abgeleiteten und folglich secundären aus einer Aggre-on der Elementartheilchen in Form von Blättern mit Zwi-enräumen. Das blätterige Gefüge mancher Mineralien diente Unterstützung dieser Hypothese, desgleichen daſs der Flüs-keitszustand wieder erzeugt wird, wenn ein tropfbar flüssi- Körper oder auch nur die Wärme die Zwischenräume der othetischen Blättchen ausfüllt, welche den Zustand der igkeit bedingen. Daſs aber Rumford's Hypothese an sich tatthaft sey, ist im Artikel *Adhäsion* nachgewiesen, und t auch aus La Place's Theorie der Capillarität, welche das nomen der auf Wasser schwimmenden Nähnadeln aus an-n Principien erklärt. Auſserdem läſst sich gegen Link's Hy-hese ein Mangel an Consequenz vorbringen, indem sie nicht iebt, warum die Festigkeit der in tropfbar flüssigen Körpern öslichen Substanzen nicht auch durch das Eindringen der Gase lie vorausgesetzten Zwischenräume aufgehoben wird? Endlich r müſsten tropfbare Flüssigkeiten von der einen Seite be-chtet gar nicht zusammendrückbar seyn, wenn man ihre lecülen in unmittelbarer Berührung mit einander befindlich

1 S. *Adhäsion* Th. I. S. 196.

drücken wollte, von der andern Seite aber durch mechanische Druck sogleich fest werden, in sofern durch diesen das bestehende Gleichgewicht der anziehenden Kräfte aufgehoben würde. Solche Einwendungen lassen sich nur durch neue Hypothesen beseitigen, welches aber ein schlimmes Kennzeichen für eine aufgestellte Theorie ist[1].

In der neuesten Abhandlung sucht Link abermals die Erscheinungen der Festigkeit auf den Conflict einer anziehenden und abstoſsenden Kraft zurückzuführen, und hält die hierbei wirkende Ziehkraft für eine andere als diejenige, welche der Schwere zum Grunde liegt, weil jene in einer andern abstoſsenden einen Gegensatz habe, diese dagegen nicht. Das hierbei beobachtete Verhalten soll dann auf das bei allen polarischen Erscheinungen vorwaltende Gesetz zurückkommen, daſs gleichliegende Puncte einander abstoſsen, ungleichliegende aber anziehen. Bei der Prüfung des Beweises für diese Hypothese kann man sich indeſs der Furcht nicht erwehren, die Sache miſsverstanden oder schief aufgefaſst zu haben, und auf allen Fall ist er nicht auf eine solche Weise klar und stringent,

1. Zur Unterstützung der Hypothese, daſs Gleichheit der Anziehung die Flüssigkeit, Ungleichheit derselben die Festigkeit bedinge, hat man das Festwerden des Seifenschaumes angeführt. Indeſs kann diese, auf den ersten Blick täuschende, Erscheinung die vielen Gegengründe gegen diese Theorie nicht aufheben, namentlich daſs ein Element von Eisen im Mittelpuncte einer eisernen Kugel durchaus gleichmäſsiger Anziehung nach allen Seiten hin unterworfen seyn muſs, und doch nicht flüssig ist. Welches ist auſserdem der Unterschied der Anziehung, welche ein gegebenes Volumen Blei in einer flüssigen und in einer festen Masse dieses nämlichen Metalles erleidet? Von der andern Seite müſsten Oel und Wasser, oder die vier Flüssigkeiten des Elementarglases, durch einander geschüttelt, sofort fest werden, auch könnte man das Nämliche vom Nebel und den Wolken erwarten, oder vom Wasser, wenn man das sogenannte Sieb der Vestalinnen hineinsenkt und Luft durch die feinen Löcher desselben bläst, welche dann in zahlreichen Blasen aufsteigt. Das Festwerden des Seifenschaumes dagegen erklärt sich aus der Zähigkeit der dünnen Häute, welche die zahllosen kleinen Luftblasen umgeben. So ist der Schaum des stark petillirenden Selterwassers, selbst wenn er gewaltsam aus der geöffneten Flasche steigt, gar nicht zähe, Champagnerschaum etwas zäher, Bierschaum noch mehr, Seifenschaum wirklich fest, alles nach dem Grade der Zähigkeit, welchen die Schaum bildende Flüssigkeit besitzt.

er Ueberzeugung hervorzubringen vermöchte. LINK stellt lich die getrennten Theile der festen Körper als Linien , welche beim Zerreifsen eine Drehung um ihr Centrum erten, wonach dann das Ende der Linie angezogen, das andere stofsen werden soll. Allein wo liegt der Beweis, dafs die lecülen der Körper eine lineare Form haben? Selbst in dem , wenn feste Körper gebogen werden, ist eine solche Anordnung der Theile nicht anzunehmen, vielmehr durch äufsere Gewalt die Form der Körper geändert, indie Elemente derselben entweder einander näher gerückt en, als sie im Zustande des Gleichgewichtes sind, oder von einander entfernt, bis sie über die Grenze ihrer Atonssphäre gebracht sich trennen; nach der Ansicht anderer findet beides gleichzeitig statt, niemand hat indefs noch lineare Drehung um den Mittelpunct der die Elemente tellenden Linien angenommen. Ueberhaupt mufs die Erung des Zustandes der Festigkeit und Flüssigkeit entweder amisch oder atomistisch seyn. Im ersteren Falle verlieren die Elemente der Körper selbst in Kräfte, und sind fest überwiegender Ziehkraft, wobei eine weitere Aufsuchung Causalen eigentlich wegfällt; im zweiten Falle, hauptsächnach der Ansicht der französischen Physiker seit HAÜY, sind Molecülen der Körper gleichfalls Körper, haben demnach dehnung nach drei Dimensionen, wie klein sie auch seyn gen, ihre Aggregation ist Folge ihrer Anziehung in beimmten Richtungen ihrer Axen, und der Zustand der Festigt, Flüssigkeit und Gasform wird durch den Einflufs der rme in demjenigen Sinne bewirkt, welchen LA PLACE's leich zu erwähnende Hypothese hierüber angiebt, in keim Falle aber kann bei der Biegung eines festen Körpers an eare Elemente, oder linear zusammengeordnete Elemente, lche sich um ihren Mittelpunct drehen gedacht werden. enn man z. B. einen WOLLASTON'schen Platindraht, also en festen Körper, abreifst, wie kann hierbei an eine solche ehung, überhaupt an einen Conflict einer anziehenden und stofsenden Kraft, beide als Ursache der Festigkeit angenommen, gedacht werden? Endlich dürfte man auch fragen, wo B. bei einem tropfbar flüssigen oder erstarrten Schrotkorne, er etwa bei einem würfelförmigen Krystalle Flufsspath, eim unleugbar festen Körper, die gleichliegenden und die un-

gleichliegenden Puncte anzunehmen sind, wovon jene zur Erklärung der Festigkeit sich abstofsen, diese sich anziehen sollen? Habe ich also die mit den eigenen Worten ihres Erfinders widergegebene Hypothese richtig verstanden, so ist sie zur Erklärung des verschiedenen Aggregatzustandes der Körper eben so ungenügend, als die frühere war[1].

Eine Hypothese, wonach v. GROTTHUSS[2] den Flüssigkeitszustand aus einer steten, durch *Galvanismus* erzeugten Bewegung der Atome ableitet, jenen Galvanismus aber wieder als das Resultat einer Verschiedenheit der Bestandtheile betrachtet, woraus nach seiner Ansicht alle Flüssigkeiten, auch die bisher für gleichartig gehaltenen, bestehen sollen, kann unmöglich Beifall finden. Hiernach müfste eine Mischung von Zink und Silber, welche rücksichtlich ihres galvanischen Verhaltens weit von einander abstehen, flüssig bleiben, ja die beiden Metalle müfsten in der Berührung flüssig werden. Ob man ferner annehmen darf, dafs der Sauerstoff und Wasserstoff im Wasser noch mit ihrer eigenthümlichen galvanischen Thätigkeit neben einander bestehen, und nicht ein neues, individuell galvanisches, Ganzes bilden, ist sehr fraglich. Im Ganzen aber ist die Theorie unhaltbar, weil sie in gewisser Hinsicht voraussetzt, dafs ein Körper erst flüssig seyn müsse, und dann seine Bestandtheile die Bewegung als Ursache ihres Flüssigkeitszustandes durch Galvanismus erhielten.

Schon an mehreren Orten dieses Werkes[3] ist LA PLACE's Hypothese erwähnt, wonach er den verschiedenen Zustand der Körper rücksichtlich ihrer Festigkeit, Flüssigkeit oder Gasform aus dem Einflusse der Wärme ableitet, und sie mufs noch einmal im Artikel *Gas* vollständig untersucht werden. Hier wird es also genügen sie zunächst nur in so weit zu betrachten, als sie sich auf den Zustand des tropfbar Flüssigseyns bezieht[4].

---

1 Da diese Hypothese die allerneueste jetziger Zeit ist, so konnte eine ausführliche Prüfung derselben hier nicht übergangen werden.

2 G. LXI. 63.

3 S. *Abstofsung* Th. I. S. 125. *Anziehung* ebend. S. 3.. *Atmosphäre* ebend. S. 497. *Cohaesion* Th. II. S. 130. *Elasticität* Th. III. S. 217.

4 Vergl. *Gas*.

h La Place[1] hängt die Aggregatform der Körper, ob sie t, flüssig oder gasförmig sind, davon ab, dafs jedes Molecül es Körpers dem Conflicte dreier Kräfte unterworfen ist, lich der Anziehung der umgebenden Molecülen, zweitens r Anziehung des Wärmestoffes jener Molecülen, drittens der pulsion seines Wärmestoffes durch den Wärmestoff jener lecülen, indem jene beiden Vereinigung bewirken, die ere Trennung. Eine Anziehung der Molecülen der Körper n den Wärmestoff, oder umgekehrt, ergeben die Erfahrun- auf die evidenteste Weise, denn ohne diese würde der mestoff die Körper sofort verlassen und sich mit der Um- ng in Gleichgewicht setzen, welches aber bekanntlich nicht hieht; die Abstofsung des Wärmestoffes in sich selbst ist aus dem Verhalten der Gasarten und Dämpfe abstrahirt, che sowohl überhaupt als auch insbesondere im Verhältnisse r Temperatur ein Bestreben nach steter Ausdehnung zeigen. Zustande der Festigkeit ist jene erstere Kraft überwiegend, die Molecülen sind, mit Rücksicht auf ihre Gestalt, nach er stärksten Attraction vereinigt. Die Vermehrung der rme schwächt den Einflufs der Form der Molecülen, und nn dieser sehr geringe wird oder verschwindet, so werden Körper durch die überwiegende Thätigkeit der zweiten Kraft sig. Wird die dritte überwiegend stark gegen die beiden ten, so entfernen sich alle Theile der Flüssigkeit von ein- der und werden expandirt.

Die Hypothese empfiehlt sich ausnehmend durch ihre ge- te Uebereinstimmung mit einer grofsen Menge von Erchei- gen. Dahin gehört hauptsächlich, dafs die Wärme alle per ausdehnt[2], die Kälte dagegen zusammenzieht, und zwar einer ihrer Cohäsion fast ganz gleichen Kraft. Man kann h dieses daraus erklären, dafs die Attractionskraft der Mole- en ungehindert ihre Thätigkeit ausübt, wenn ihr nicht durch s repulsive Princip der Wärme entgegengewirkt wird. Vor en Dingen aber stimmen mit dieser Hypothese die zahlrei- en Erscheinungen überein, dafs so viele feste Körper, na- mtlich die Metalle, durch Wärme aus dem Zustande der Fe- gkeit in den der Flüssigkeit und endlich der Gasform über-

1 Ann. Ch. et Phys. XXI. 22.

2 S. *Ausdehnung* I. 557.

gehen, und bei dieser Veränderung ihres Aggregatzustandes eine so grofse Quantität Wärme binden, obgleich aus Ritter's Behauptung, dafs die beim Uebergange aus dem festen in den flüssigen Zustand latent werdende Wärme bei allen Körpern 77° C. betrage, mit der Erfahrung nicht übereinkommt[1]. Endlich gehört dahin auch noch das bekannte Phänomen, dafs durch Zusammendrückung aller Körper Wärme ausgeschieden wird. Kämtz[2] findet einen Beweis für die Richtigkeit dieser Hypothese auch darin, dafs die *Fluidität* der tropfbaren Flüssigkeiten bei den leichtesten am gröfsten ist, der Siedepunct aber bei den letzteren am tiefsten liegt. Als einen Beweis der ersteren Behauptung führt er an, dafs wenn Quecksilber, Wasser, Weingeist und Naphtha, jedes in einem besonderen Gefäfse, gleichmäfsig geschüttelt werden, die Undulationen so viel später aufhören, je leichter die Flüssigkeiten sind. Nach beiden Sätzen mufs man also annehmen, dafs die Molecülen der leichteren Flüssigkeiten durch den Wärmestoff weiter von einander gehalten werden, und dafs eine geringere Vermehrung des letzteren erfordert wird, um die gegenseitige Attraction der Molecülen bis zur Erzeugung der Dampfform völlig zu überwinden. Obgleich indefs beide durch Kämtz aufgestellte Sätze in dem Verhalten verschiedener Flüssigkeiten eine auffallende Bestätigung finden, so können sie doch auf Allgemeinheit keinesweges Anspruch machen. Die fetten Oele, z. B. sind sämmtlich spec. leichter als das Wasser, haben aber eine weit geringere Fluidität, und in Beziehung auf den Siedepunct liegt derselbe namentlich bei der wasserfreien schweflichen Säure nach Bussy[3] bei —10° C. und dennoch ist ihr spec. Gew. = 1,45. bei der Salzsäure aber liegt der Siedepunct bei 48° C. und doch ist ihr spec. Gewicht = 1,1978 und andere Anomalien mehr.

Die letztgenannten Argumente können indefs die Hypothese La Place's an sich nicht widerlegen, verdienen aber bei der Würdigung derselben im Allgemeinen nicht übersehen zu werden. Es kommt hier ferner nicht als etwas dieser Ansicht Entgegenstehendes in Betrachtung, dafs wir das Wesen der Wärme noch nicht genau kennen, und es also nicht als ausge-

1 G. IV. 13. Vergl. *Schmelzen*.

2 Hall. Allgem. Liter. Zeitung 1826. No. 270.

3 Schweigg. Journ. N. F. II. 452.

t ansehen dürfen, ob man sich unter derselben eine äther-
Materie oder eine für sich bestehende Kraft oder endlich
blofse Modification der Körper selbst zu denken habe[1],
ies allerdings dann zu erörtern ist, wenn eine Bestimmung
er verlangt wird, ob die Wärme das einzige, in der Na-
xistirende, Princip der Repulsion ist; und ob sie diese Ab-
ingskraft durch sich hat oder wiederum einer für sich be-
nden, der Anziehung widerstrebenden, Kraft verdankt.
'LACE entscheidet bei der Aufstellung seiner Hypothese
diese Fragen nur zum Theil, indem er ein Angezogen-
en der Wärmetheilchen durch die Molecülen der Körper
eine gegenseitige Abstofsung jener unter einander annimmt,
ch ein materielles Wesen mit inwohnender Repulsionskraft
ssetzt, ohne zu bestimmen, woher die letztere ihren Ur-
g habe. Läfst man diese, bei der Wärmelehre nochmals
tellende Untersuchung hier vorläufig auf sich beruhen, so
man gestehen, dafs die Laplace'sche Hypothese den Erschei-
n auf eine ausgezeichnete Weise angemessen ist, und wir
n sie also zur Erklärung des tropfbar flüssigen und gas-
gen Zustandes der Körper ganz so annehmen, wie sie
den scharfsinnigen Geometer aufgestellt ist, jedoch mufs
zunächst in Beziehung auf den Zustand der tropfbaren
igkeit noch Folgendes berücksichtigt werden.

[. Nicht alle Körper sind bei der nämlichen Temperatur
ar flüssig. Dieses läfst sich bis jetzt noch nicht anders
s erklären als aus der Voraussetzung, dafs die Molecülen
erschiedenen Körper eine ungleiche Anziehungskraft ha-
welche daher durch die eindringende, und von den ein-
Körpern mit ungleicher Stärke angezogene, Wärme
auf gleiche Weise überwunden werden kann. Uebri-
st bis jetzt noch kein bestimmtes Verhältnifs zwischen der
ion, der specifischen Wärmecapacität, dem spec. Gewichte
em Schmelzpuncte der verschiedenen schmelzbaren Kör-
fgefunden, und ein constantes Gesetz scheint hierüber gar
vorhanden zu seyn[2], weswegen man nicht wohl umhin

---

[1] Vergl. *Abstofsung* Th. I. S. 126.

[2] Das von DULONG und PETIT aufgefundene wichtige Gesetz ein constantes Verhältnifs zwischen den Atomgewichten und

kann, bei den Körpern insgesammt eine individuelle Beschaffenheit der einzelnen Elemente anzunehmen[1].

2. Man müfste eigentlich erwarten, dafs zusammengesetzte Körper bei einer Temperatur flüssig würden, welche die Summe der Producte ihrer Massen in die Temperaturen ihrer Schmelzpuncte dividirt durch ihre beiderseitigen Massen ist; allein dieses stimmt nicht mit der Erfahrung überein. In sehr vielen Fällen sind nämlich alle zusammengesetzte Körper leichter schmelzbar als ihre einzelnen Bestandtheile, in andern dagegen, z. B. beim Schwefelblei, werden sie schwerer schmelzbar[2]. Außerdem aber geben, ohne den Einfluſs einer erhöheten oder verminderten Temperatur, manche vereinigte Gasarten tropfbarflüssige oder auch feste Körper, und tropfbare Flüssigkeiten mit einander vereinigt, erscheinen als fest. Als Beispiele mögen hier erwähnt werden, die Verbindung des Sauerstoffgas mit Wasserstoffgas zu Wasser, des salzsauren- und Ammoniak-Gas zu Salmiak, desgleichen als noch auffallender, dafs ein Maß Fluorborongas mit zwei Mafs Ammoniakgas tropfbar-flüssig, gleiche Mafse von beiden vereinigt aber fest werden. Eine Verbindung von Schwefelsäure mit einer gesättigten Solution von kaustischem Natron krystallisirt nach dem Erkalten, und liefert feste Krystalle, welche das vorhandene Wasser als Krystallisationswasser enthalten. Ein zwar im Wesentlichen minder bedeutendes, aber des augenblicklichen Erfolges wegen auffallenderes und daher bekannteres Beispiel des Festwerdens tropfbarer Flüssigkeiten ohne Temperaturverminderung ist, wenn man eine gesättigte Solution von salzsaurem Kalke mit einem etwa gleichen Volumen verdünnter Schwefelsäure (1 Th. Säure 1 Th. Wasser) mischt, und die Masse sofort consistent werden

spec. Wärmecapacitäten der Körper verweise ich unter den Art. *Wärme*.

1 Avogadro's Untersuchungen, welche mit dieser Frage einigen Zusammenhang haben, können hier nicht mitgetheilt werden. S. Memorie della Reale Acad. della Sc. di Torino. XXX u. XXXI. Vgl. *Materie*. Auch Parrot's indirecter Einwurf gegen diese Hypothese La Place's, welchen er aus dem ungleichen Verhältnisse der Cohäsion und Wärmecapacität der Körper hernimmt. S. Theor. Nat. I. 89, fällt weg, wenn man den Molecülen der verschiedenen Körper eine verschieden starke Anziehungskraft gegen einander und die Wärme beilegt.

2 Vergl. *Schmelzen*.

aht. Hierbei verbindet sich die Schwefelsäure mit dem Kalke a Gyps, welcher im Wasser unlöslich ist, und die verdünnte lzsäure in seine Zwischenräume aufnimmt. Das Factische erbei ist, dafs die Molecülen des Kalkes mit Salzsäure verinden eine gröfsere Neigung zum Flüssigseyn haben, als nn sie mit Schwefelsäure vereinigt sind, und zwar in einem überwiegenden Grade, dafs im letzteren Falle selbst die zwien den Gypstheilchen befindlichen Flüssigkeiten, nämlich zsäure und Wasser, die Verwandlung in einen festen Kör nicht hindern, ohne dafs eine veränderte Temperatur hierwirksam ist. Als Erklärung nach La Place's Hypothese nn angeführt werden, dafs wegen grofser Affinität zwischen hwefelsäure und Kalk, wovon erstere noch obendrein einen ingen Grad von Fluidität und ein grofses spec. Gewicht hat, e sehr innige Verbindung beider Substanzen eintritt, worch einige Verdickung und Ausscheidung von etwas Wärme Folge geringer Wärmecapacität verursacht wird. Hiernach nnen dann die vergröfserten Molecülen des Gypses ihrer traction ungehinderter folgen, und sich zu einem festen Körer vereinigen, welcher ohnehin leicht krystallisirt, und dabei sein Gefüge eine Menge Wasser theils als Krystallisationsasser, theils als zwischen den vereinigten feinen Nadeln des ystallisirten Gypses mechanisch eingeschlossen aufnimmt, weles, wie oben erwähnt ist, in einem solchen gebundenen Zunde das Flüssigseyn nicht herbeiführt. Aehnliche Erscheingen giebt eine Mischung aus gesättigten Lösungen von salzurem Kalke und schwefelsaurem Natron, wobei die Säuren e Salzbasen wechseln; auch kann man alle Präcipitate dahin hnen, welche durch Vermischung von Solutionen mit tropfren Flüssigkeiten entstehen. Hierbei kommt dann der Ueberg der gelösten Substanz aus dem Flüssigkeitszustande in den Pulverform oder einer consistenten Masse zugleich auch darhinaus, dafs der flüssige Körper der neuen Verbindung den ssigkeitszustand zum Theil vielleicht wegen geringerer Affiit zu demselben nicht mehr zu ertheilen vermag.

3. Es reihen sich hieran diejenigen Erscheinungen, welche h bei einigen Substanzen zeigen, nämlich dafs sie in niedri- Temperatur flüssig, in höherer gerinnen, also bei vermehrter rme aus dem liquiden Zustande in einen minder liquiden, rteren, übergehen. Dahin gehört vorzüglich der Eiweifsstoff,

Käsestoff und einige andere Körper. Man kann diese Art des Verhaltens ohne große Schwierigkeit schon dann mit der aufgestellten Hypothese vereinigen, wenn man annimmt, daſs die Molecülen der genannten Substanzen durch den Einfluſs der Wärme eine vermehrte Anziehungskraft zu einander erhalten, während die zum Wasser geschwächt wird, weswegen sie sich einander mehr nähern, das flüssig machende Wasser aus ihren Zwischenräumen entfernen und daher eine gröſsere Dichtigkeit und mehr Festigkeit erhalten. Alle diese Körper werden nämlich nicht an sich durch den Einfluſs der Wärme flüssig, sondern durch ein mit ihnen verbundenes Fluidum, dessen auflösende Kraft aber durch Wärme nicht vermehrt sondern vielmehr vermindert wird.

Auſserdem aber ist das Verhalten dieser Körper in Beziehung auf die Wirkungen der Wärme nicht rein, sondern es kommt dabei der Einfluſs chemischer Verwandtschaften in Betrachtung. Der Käsestoff z. B. gerinnt in frischer Milch nur an der Oberfläche beim Zutritte der atmosphärischen Luft und also muthmaſslich durch den Beitritt des Sauerstoffes aus derselben; ist er aber in der älteren Milch schon geschieden, so hat sich auch Säure gebildet, durch deren Einfluſs derselbe beim Erhitzen erhärtet. Ob nicht bei der Erhärtung des Eiweiſsstoffes etwas Aehnliches durch den Beitritt des im Wasser enthaltenen und aus der Luft hinzutretenden Sauerstoffes geschehe, bleibt immer fraglich.

4. Ungleich schwieriger ist es, das allerdings räthselhafte Verhalten des Schwefels in verschiedenen Temperaturen überhaupt zu erklären, oder insbesondere auch mit der aufgestellten Hypothese in Einklang zu bringen. Es ist nämlich allgemein bekannt, daſs dieser Körper durch Hitze tropfbar flüssig wird und einen bedeutenden Grad der Fluidität erhält, durch weitere Vermehrung der Wärme aber eine braun-röthliche Farbe annimmt, dabei wieder in den Zustand der Zähigkeit übergeht und bei noch gröſserer Hitze abermals flüssig geworden in diesem Zustande sich verflüchtigt. Man kann dieses allerdings seltsame Phänomen am leichtesten beobachten, wenn man eine Glasröhre von 1,5 Fuſs Länge und 0,3 bis 0,5 oder 0,75 Zoll Durchmesser, nachdem sie an einem Ende zugeblasen ist, bis etwa 0,6 ihrer Länge mit Schwefel füllt, das offene Ende mit einem Korke leicht verstopft und über Kohlen erhitzt. Es läſst

dann der Schwefel über Kohlen leicht schmelzen, wobei seine vollkommene Flüssigkeit beobachten kann, durch setzte Erhitzung wird er aber zähe, geht jedoch wieder in Zustand der Flüssigkeit über, wenn man ihn nach dem Hitze erfolgten Erstarren etwas erkalten läfst. Will auch die Sublimation beobachten, so darf man die Erung nur fortsetzen, wodurch er nach abermaligem Flüssigen vermocht wird, sich im oberen Ende der mit Papier verstopften Röhre als feines Pulver (sogenannte Schwefelen) anzusetzen. Dafs der Schwefel bei der eben beschrie Festwerdung sich verdichte und an Volumen abnehme, ich bei wiederholten Versuchen ohne genaue Messungen chtet zu haben[1].

Wenn der Schwefel wirklich ein einfacher Körper ist, wie emiker bis jetzt annehmen, so ist dieses Verhalten desselöchst räthselhaft, und die Natur bietet kein bis jetzt be analoges irgend eines Körpers dar. Mit LA PLACE's rie ist es an und für sich genommen ganz unverträglich, man würde auf ein einzelnes Phänomen zu vieles Gewicht , wenn man eine übrigens so consequente und so viele einungen erklärende Hypothese um seinetwillen sofort auf wollte. Eine Vermehrung der Wärme mufs zwar die hen Elemente jedes Körpers mehr von einander entfernen, daher im Allgemeinen die Fluidität verstärken, allein bei so räthselhaften Potenz, als die Wärme ist, kann man doch mindestens vorstellen, dafs bei einer gewissen Intenderselben die Theilchen der erhitzten Körper eine indille Lage annehmen, vermöge welcher sie sich einander r anziehen, und daher einen verminderten Grad des Fluizeigen. Ob sie in diesem eigenthümlichen Zustande eine von Krystallisation zeigen, ist durch Versuche noch nicht mittelt, und überall schwer bestimmbar, inzwischen deulie Veränderung der Farbe des Schwefels und seine gerin Durchsichtigkeit in dem genannten Zustande allerdings auf veränderte Lage seiner Molecülen. Man könnte in gewis-

1 Nach OSANN Beiträge zur Chemie und Physik. Jena 1822. 8. schmilzt der Schwefel bei 75° R., wird bei 102° R. zähe, bei wieder dünnflüssiger, siedet bei 195° R. und kann beim Erkalin einer Temperatur von 60°,5 R. noch flüssig erhalten werden.

zur Hinsicht dieses sein Verhalten mit dem des Wassers vergleichen, welches aus dem Eise dargestellt durch Vermehrung der Wärme zuerst den Zustand der gröfsten Dichtigkeit erhält und von diesem an durch die Wärme nach einem gewissen Gesetze ausgedehnt wird. Inzwischen mag dieses nur als ein Versuch gelten, ein Phänomen zu enträthseln, welches seine vollständige Aufklärung erst in der Zukunft erwartet. Schweigger[1] findet die Ursache desselben in einer eigenthümlichen *Krystall-Elektricität*[2], welche den Elementen der Körper angehörend den Einflufs der Wärme auf dieselbe modificiren soll; allein Osann[3] wendet hiergegen mit vollem Rechte ein, dafs die Existenz einer solchen eigenthümlichen Elektricität noch nirgend nachgewiesen und ihre vermeintliche Modification des Einflusses der Wärme überall noch nicht dargethan ist. Wir wissen zwar, dafs die Elektricität bei vorzüglicher Intensität Wärmeentwickelung erzeugt, dafs sie aber die Wirkungen der Wärme aufheben sollte, dafür spricht keine der bis jetzt bekannten Thatsachen, und sollte die Krystall-Elektricität dieses bewirken, so müfste zuvor ihr Unterschied von der gemeinen Elektricität und der Grund, worauf sich dieses ihr Verhalten stützt, genügend dargethan werden. Osann[4] hält dagegen den Schwefel für keine einfache Substanz, und nimmt an, dafs das Lösungsmittel desselben, welches durch den Einfluss der Wärme seinen Flüssigkeitszustand herbeiführe, bei erhöheter Temperatur mit geringerer Kraft auf die gelösete Substanz wirke, diese daher ausgeschieden und fester werde. Nach dieser Ansicht reihet er diese Erscheinung an die unter No. 5 zu erwähnenden an, allein eine genauere Prüfung ergiebt, dafs sie unter diese Classe nicht gehört. Einen Beweis für die Zusammensetzung des Schwefels findet er hauptsächlich in diesem seinem Verhalten bei verschiedenen Graden der Hitze, und namentlich in der Veränderung seiner Farbe. Allein auf der einen Seite liegt in dem Uebergange des Schwefels aus dem Zustande der Festigkeit in den der Flüssigkeit und dann wieder zur Zähigkeit und abermals zur Flüssigkeit durch blofse Vermehrung der Hitze

1 Dessen Journ. V. 49.
2 Vergl. *Krystall-Elektricität.*
3 G. LXIX. 283 u. 298.
4 a. a. O. S. 297.

n Grund, auf sein Zusammengesetztseyn zu schlieſsen, auf andern würde es sogar schwierig seyn aus optischen Grün- nachzuweisen, warum der aus dem Flüssigkeitszustande der zähe gewordene Schwefel nicht die Farbe des festen der erhalten sollte, da an eine Entmischung desselben oder Hinzukommen eines Bestandtheiles nicht zu denken ist. ch aber enthält Osann's Hypothese keine eigentliche Er- g, sondern schiebt diese nur etwas weiter hinaus. Den- wir uns nämlich den Schwefel aus einem Auflösungsmittel einer auflöslichen Substanz zusammengesetzt, und wird auflösende Kraft des ersteren durch Hitze so sehr verstärkt, der Flüssigkeitszustand beider vereinten Substanzen dadurch t wird, worin sollte der Grund liegen, daſs die ver- Wärme diese Kraft schwächte, und die noch stärker ehrte sie wieder herstellte? Wenn Osann sagt, das auf- de Mittel werde stärker ausgedehnt, und seine Theile ten sich dadurch mehr von dem aufgelöseten Körper, so die Molecülen des letzteren ihrer eigenthümlichen Anzie- g ungehindert folgen könnten, so müſste die zunehmende e diese Trennung, und somit auch die Festigkeit des auf- seten Körpers fortwährend vermehren, welches aber gegen Erfahrung streitet.

5. Wäre Osann's Erklärung die richtige, so fiele die an- bene Erscheinung mit einer andern, fast gleich räthselhaf- zusammen, nämlich der Lösbarkeit des Kalkes im Wasser. ton nahm wahr, daſs dieser Körper mehr heiſses Wasser einer Lösung bedürfe als kaltes, Phillips aber hat durch uere Versuche gefunden, daſs 1 Theil Kalk, 656 Theile ser von 0° C., 752 Theile von 15°,6 und 1280 Th. Was- von 100° zu seiner Lösung erfordert, so daſs daher das bei esättigte Kalkwasser bei 100° viel Kalk in kleinen Krystal- absetzt [1]. Sollte dieses Phänomen dem eben angegebenen g gleich seyn, so müſsten die in höherer Temperatur gebil- n Krystalle in noch höherer wieder aufgelöset werden, worüber r keine Versuche vorhanden sind, welches aber nicht wahr- inlich ist. Eine festbegründete befriedigende Erklärung er Thatsache scheint mir für jetzt noch zu fehlen, Hypothe-

1 Davy System II. 331. Phillips Ann. of Phil. I. 107. Vergl. melin Handbuch 3te Aufl. I. 642.

sen ließen sich wohl ohne große Schwierigkeit auffinden; der Unterschied beider Phänomene, des beim Schwefel und des beim Kalke sich zeigenden wird weiter unten angegeben werden.

6. Es giebt noch einige bekannte und vielleicht noch verschiedene unbekannte Verbindungen, welche durch erhöhete Temperatur minder flüssig werden, gerinnen oder erstarren. Da ich mich nicht zu weit in das Gebiet der Chemie verirren darf, so erwähne ich nur kurz die wichtigsten und bekanntesten derselben[1]. Diese sind die von Lassonne[2] und Osann[3] aufgefundenen Verbindungen von weinsteinsaurem Kali und Natron mit Kalk und Strontian, desgleichen von Zucker und Kalk und die von Gay-Lüssac[4] angegebene essigsaure Thonerde, sobald sie gewisse andere Salze beigemischt enthält, wie dieses bei ihrer Darstellung aus Alaun und Bleizucker der Fall ist. Alle diese Verbindungen haben das Eigenthümliche, dafs sie nach der verschiedenen Stärke ihrer Concentration in ungleichen höheren Temperaturen gerinnen, wobei einer der Bestandtheile ausgeschieden wird, welcher sich aber beim Erkalten der Flüssigkeit in derselben wieder auflöset, und daher bei geringerer Wärme durch das Filtrum geht, wenn er bei höherer auf demselben zurückbleibt. Osann ist geneigt, auch dieses Verhalten mit dem des Schwefels in Parallele zu setzen, und beide auf gleiche Weise zu erklären; ungleich leichter und der Natur der Erscheinung selbst angemessener scheint es mir aber zu seyn, wenn man annimmt, dafs das Wasser, welches den Flüssigkeitszustand der verschiedenen vereinigten Substanzen unter Mitwirkung eines wechselseitigen Einflusses derselben auf einander erzeugt, bei erhöheter Temperatur mit einem oder einigen jener Substanzen inniger verbunden, eben dadurch von einer oder mehreren derselben aber getrennt wird, und somit eine Ausscheidung, also eine Gerinnung derselben bewirkt. Das Ganze kommt folglich auf ein durch die Temperatur bedingtes ungleiches Spiel der Verwandtschaften jener aufgelöseten Stoffe zurück, indem noch obendrein bei den meisten jener Verbi

1 Vgl. Schweigg. J. V. 49.
2 Mém. de l'Acad. Étrang. 1773. 214.
3 G. LXIX. 283.
4 Ann. de Chim. LXXIV. 196.

;en der Kalk sein unter No. 5. angezeigtes Verhalten gleich- wahrnehmen läſst, und auf allen Fall sind diese Erschei- ;en nicht geeignet, als Argumente gegen La Place's orie benutzt zu werden.

7. Das bekannte, von Musschenbroek zuerst beobachtete, Blagden[1] genauer untersuchte Phänomen, daſs reines und g stehendes oder nur wenig bewegtes Wasser tief unter den ierpunct erkaltet werden kann, nach erfolgter stärkerer Be- ung aber, oder bei der Berührung mit einem Eiskrystalle eich gefriert und eine höhere Temperatur annimmt, kann scheinbar als gegen La Place's Hypothese streitend be- ttet werden, da es genau genommen einen bedeutenden eis dafür liefert[2]. Man könnte allerdings sagen, daſs die ne das unter dem Gefrierpunct erkaltete Wasser verlasse, venn man jene als das repulsive Princip betrachte, welches este Eis in tropfbar flüssiges Wasser zu verwandeln ver- , so müsse auch umgekehrt die Entziehung derselben den nd der Festigkeit wieder herbeiführen, wenn nicht andere hen, namentlich attractive und repulsive Kräfte dabei sam wären. Eine Würdigung der letztern Hypothese wird ich folgen, hier wird aber vorläufig erfordert nachzuwei- wie sehr das eigentliche Verhalten der in Frage stehenden einung die Hypothese von dem Bedingtseyn des festen tropfbar flüssigen Zustandes der Körper durch Wärme stütze. Wollen wir nämlich das genannte Phänomen nach Place's Hypothese erklären, so müssen wir annehmen, bei allmäliger Entweichung der Wärme die Molecülen des sers einander in Folge ihrer Attraction näher kommen, wo- ugleich eine Zunahme der Dichtigkeit verbunden ist, und s dauert so lange, bis das Wasser den Punct seiner gröſsten tigkeit erreicht hat. Dieses merkwürdige Verhalten, näm- daſs eine Flüssigkeit vor ihrem Festwerden durch Kälte r am dichtesten wird, ist dem Wasser vermuthlich deswe-

---

1 Phil. Trans. LXXVIII. I. 125 u. 277.

2 Biot Traité. I. 253. erzählt dieses Phänomen ausführlich, und im Allgemeinen die Wärme als Ursache der Repulsion an, ohne itscheiden, ob sie das repulsive Princip selbst sey, oder nur igenthümliche Repulsivkraft besitze; auch giebt er nicht bestimmt ob jenes Phänomen für oder wider La Place's Hypothese ent- le.

gen allein eigen, weil es durchaus homogen eine solche überwiegende Neigung zur vollkommenen Krystallisation hat, und bei seiner Krystallisation eine so bedeutende Ausdehnung erhält. Andere Flüssigkeiten liefern entweder keine so vollkommene Krystalle beim Festwerden, oder die aus ihnen gebildeten Krystalle werden eigentlich nur aus den Lösungsmitteln ausgeschieden, welches ein von dem völligen Krystallisiren des Wassers ganz verschiedener Procefs ist. Wäre irgend ein anderer Körper in dieser Hinsicht mit dem Wasser in Parallele zu setzen, so müfste es das Wismuth seyn, es ist mir aber nicht bekannt, ob auch bei diesem Metalle ein Punct der gröfsten Dichtigkeit in seinem geschmolzenen Zustande statt habe. Bei dem Wasser also müssen wir annehmen, dafs, nach Haüy's[1] Ansicht von der Krystallbildung, die Molecülen desselben bei dem Puncte seiner gröfsten Dichtigkeit in eine Lage kommen, in welcher sie sich zur Erzeugung ihrer bestimmten Krystallformen nach speciellen Richtungen ihrer Axen anziehen, und daher nur in einigen Puncten einander näher kommen, in andern aber weiter von einander entfernen. Befindet sich das Wasser dann in vollkommener Ruhe, und wird den Theilchen desselben kein schon gebildeter Krystall genähert, durch dessen Anziehung die Molecülen sollicitirt werden, sich an diesen anzulegen und gleichfalls Krystalle zu bilden, so wird kein Festwerden eintreten, wenn nicht durch überwiegende Entziehung der Wärme dieses dennoch erfolgt. Die durch die Molecülen des Wassers angezogene Wärme, welche in gewisser Hinsicht den Gesetzen träger Massen eben so als die Molecülen des Wassers selbst und gleichzeitig mit diesen folgt, wird latent, und wirkt nicht auf das im Wasser befindliche Thermometer, bis sie durch irgend einen Impuls in Bewegung gesetzt sowohl die Bildung der Krystalle durch ihre Entweichung gestattet, als auch gleichzeitig am Thermometer durch Erhöhung der Temperatur wahrgenommen wird.

Manche Physiker werden in dieser Ansicht eines seit langer Zeit bekannten merkwürdigen Phänomens eine auffallende Hinneigung zum groben Atomismus erblicken, in sofern der Wär

---

1 S. Essay d'une théorie sur la structure des cristaux. Par. 1 Traité de cristallographie. Par. 1822.

Angezogenwerden durch die Molecülen des Wassers und
ır eine Art von Trägheit bei ihrer Bewegung zugeschrieben,
leich aber von Axen der Molecülen des Wassers und einer
leichen Anziehung nach der Richtung und Lage derselben
·det wird; allein seitdem die Krystallographie durch gleiche
ıcipien zur reellen Wissenschaft erhoben ist, die Chemie
r über gleichem Grunde ein wohlgeordnetes, regelrechtes
. allem Anscheine nach unerschütterliches Gebäude aufge-
:t hat, darf die verschwisterte Physik mit unbestreitbarem
hte zum Mindesten den Versuch wagen, auf einem ähnli-
ı festen Boden sich selbst systematisch zu ordnen, um so
ır als das lockere Gewebe blofser entgegenwirkender Kräfte
Ganze nicht weiter zusammenzuhalten vermag, und man
r schon mit glänzendem Erfolge die schwierigsten Phäno-
e des Lichtes aus mechanisch fortschreitenden Undulationen
s Lichtäthers zu erklären versucht hat. Uebrigens steht die
erte Thatsache der Krystallisation des Wassers nicht isolirt
ohne ähnliche Erscheinungen im Gebiete der Naturlehre,
lem man darf annehmen, dafs ziemlich allgemein bei schnel-
Uebergange zur Krystallform Wärme entbunden wird. Nur
Beispiel dieser Art möge hier Platz finden, welches zugleich
auffallend ist, dafs es ohne die gewichtige Autorität des Er-
lers kaum Glauben finden würde. B. Scholz[1] erzählt näm-
: „Es wurde eine bis zum Krystallisationspuncte abge-
ıpfte Lauge salzsauren Kalkes im Winter vor das Fenster
ı Krystallisiren gestellt. Als nach dem völligen Erkalten
Lauge dieses nicht vor sich gehen wollte, nahm ich die
rauchschale herein, um die Lauge weiter abzudampfen.
rch diese Erschütterung fing die ganze Lauge augenblicklich
krystallisiren an, die Schale wurde aber auch so schnell
fs, dafs ich sie kaum so lange halten konnte, um sie auf
ı nächsten Tisch zu tragen. Dabei fing die Lauge sich hef-
zu bewegen und zu wallen an, als ob sie im stärksten Sie-
ı begriffen wäre.“ Es scheint mir überflüssig, aufser dem,
s rücksichtlich der Krystallisation des Eises in sehr niedri-
Temperatur gesagt ist, der eben erwähnten Erscheinung noch
e Erklärung hinzuzufügen. Aehnlich dieser Erscheinung ist das

1 Anfangsgründe der Physik. Wien 1821. S. 252.

Flüssigbleiben des Schwefels in mittleren Temperaturen nach Faraday[1] und des Phosphor's nach Poggendorff[2].

Verschiedene Physiker sind nicht geneigt, der oben gegebenen Hypothese La Place's beizutreten, namentlich jenigen, welche sich zur sogenannten dynamischen Ansicht Naturlehre bekennen, und diesemnach schon im voraus Anziehungs- und Abstofsungskraft annehmen, die Theorie Molecülen und den sie umgebenden Wärmeatmosphären gen verwerfen. Diese Hypothese kann hier nicht und erörtert werden, indem dieses vielmehr bei der Untersuchung des Wesens der Materie[3] geschehen mufs, und es wird genügen, nur das Wichtigste kurz anzugeben. Da sich Ausdehnung der Körper durch Wärme einmal nicht in stellen läfst, so ist nach einigen Physikern entweder die eben wie das Licht die Dehnkraft selbst, oder diese in jenen beiden Potenzen überwiegend über den stituirenden Bestandtheil derselben, nämlich die wiefern beide Ansichten unmittelbar zu Inconsequenzen und mit den Erscheinungen nicht übereinstimmen, Wärme gezeigt werden. Andere nehmen zwar die der beiden Grundkräfte an, halten aber zugleich die eine individuelle Potenz, und legen dieser das Vermögen durch Repulsion die Theilchen der Körper zu trennen. man die Aeufserungen der zuletzt genannten Physiker nach einfachen Sinne der Worte erklärt, so nehmen sie eine für sich bestehende, der Attractionskraft entgegengesetzte, umgekehrten Gesetzen folgende, und durch den Conflict mit verschiedene Erscheinungen erzeugende und bedingende Repulsionskraft an, legen aber neben dieser auch der Wärme Vermögen bei, die Theile der Körper weiter von einander entfernen, das Volumen der Massen zu vergröfsern, sie durch minder starr, fest und cohärent zu machen, und durch Steigerung ihres Einflusses den Aggregatzustand der Körper zuändern. So consequent auch diese Hypothese auf den ersten Blick die Phänomene zu erklären scheint, so läfst sie doch genau genommen drei wichtige Fragen ganz unbeantwortet

1 Journ. of Science and the Arts. N. LXII. 392.
2 Dessen Journ. VII. 241.
3 S. *Materie*.

erst nämlich fragt es sich, warum bloſs der Wärme ein so erwiegender Antheil der übrigens allgemein verbreiteten und nn man so sagen darf, gleichmäſsig vertheilten Repulsions-ıft zugefallen sey, wenn man nicht annehmen will, die Re-lsivkraft der Wärme sey eine andere und von verschiedener t als diejenige, welche z. B. die völlige Berührung zweier ener Platten oder die absolute Dichtigkeit aller gegebener rper hindert; in welchem Falle dann der Unterschied beider ifte zuerst nachzuweisen wäre. Zweitens, welches ist das hältniſs der einen allgemein wirksamen und zugleich in der irme sich äuſsernden Repulsivkraft oder beider verschiedener fte gegen die Attractionskraft z. B. bei der Erscheinung einer zlichen Erstarrung der Körper mit Entweichung von Wärme der Krystallbildung, namentlich des Eises? Welche Rolle lt hierbei die Repulsivkraft? Entweicht sie zugleich mit Wärme, oder wird auch sie latent, und kann es überhaupt e latente Kraft geben? Daſs sich das erwähnte Phänomen h atomistischen Grundsätzen consequent erklären lasse, ist en gezeigt, wie dieses aber nach dynamischen Principien ge-ehen könne, ohne sich in die Schwierigkeit zu verwickeln, en wesentlichen Unterschied zwischen Wärme und Dehn-ıft anzugeben oder eine latente Kraft, d. h. eine unthätige ätigkeit anzunehmen, ist mir bis jetzt noch nicht klar gewor-. Die dritte Frage, welche diese Hypothese unbeantwortet t, läuft auf etwas diesem ähnliches hinaus, nämlich warum Verhalten der expansibelen Flüssigkeiten, vor allen der mpfe, lediglich eine Function der Wärme sey, und nament-h durch Compression derselben Wärme ausgeschieden, durch pansion gebunden werde. Bei den Dämpfen soll nach sehr gemein angenommenen, schon durch den unsterblichen wton angegebenen Ansichten die Dehnkraft vorzugsweise tig seyn[1], allein bei der Prüfung der Phänomene reicht man t der Wärme allein aus und redet allezeit nur von dieser. erden z. B. Dämpfe von einer höheren Temperatur in einen ſseren Raum gebracht, so dehnen sie sich aus, ein Theil er Wärme wird latent; bei der umgekehrten Erscheinung det das Gegentheil statt, und in beiden Fällen nach genauen erhältnissen des Quantitativen der gebundenen oder frei wer-

1 Vergl. *Gas*, wo diese Fragen näher untersucht werden.

denden Wärme. Welche Rolle spielt hierbei die Dehnkraft, wenn sie nicht eine müfsige Begleiterin der Wärme seyn soll? Es scheint nach allem diesen um vieles leichter und consequenter, mit LA PLACE, BIOT u. a. *die Wärme als das Princip aller Repulsion* zu betrachten, und von den vielfach modificirten Wirkungen derselben zugleich den verschiedenen Aggregatzustand der Körper, namentlich den der Festigkeit, Flüssigkeit und Gasform abzuleiten, als, eine für sich bestehende, der Anziehung entgegenwirkende Dehnkraft als Ursache dieser verschiedenen Aggregatformen anzusehen, wobei aber eine andere Hauptfrage allezeit noch unbeantwortet bleibt, nämlich ob die Wärme selbst dieses repulsive Princip sey, oder ob ihr die eigentliche Abstofsungskraft nur eigenthümlich zugehöre. Eine genügende Beantwortung dieser Frage ist vor der Hand nicht blofs schwierig sondern vielleicht unmöglich, eine nähere Erörterung derselben aber gehört in den Art. *Wärme*.

Da es viel zu weitläufig seyn würde, die verschiedenen Meinungen der Physiker über die vorliegende Frage einzeln zu untersuchen, so beschränke ich mich darauf, nur einige der wichtigsten, denen die übrigen mehr oder minder ähnlich sind, einer näheren Prüfung zu unterwerfen. PARROT hat sich vorzugsweise sehr bestimmt darüber erklärt, dafs die Erscheinungen der Adhäsion und Cohäsion nicht auf die NEWTON'sche Attraction zurückgeführt werden könnten, sondern eine eigenthümliche Flächenanziehung forderten [1]. Als Beweis hierfür wird angegeben [2], dafs die Flüssigkeiten die meisten Berührungspuncte, und zwar gerade in Beziehung auf Flächenanziehung, hätten, folglich am meisten Theile, welche sehr nahe an einander sind, und sie müfsten daher weit mehr Zusammenhang zeigen als feste Körper. In der Note wird dann hinzugesetzt, dafs die Wärme hier nicht aushelfen könne; indem z. B. das Quecksilber am wenigsten Wärmestoff und zugleich (unter den Flüssigkeiten) die gröfste Dichtigkeit habe. Hiernach scheint also PARROT den Aggregatzustand der Körper nicht der Wärme, sondern den Modificationen der Flächenanziehung beilegen zu wollen. Wie schwierig übrigens die Entscheidung der Hauptfrage sey, und wie leicht man sich bei der Beant-

1 S. *Flächenkraft*.
2 Grundrifs der theor. Physik. I. 90.

tung derselben in Widersprüche seiner eigenen Theorie verkele, dieses ergiebt sich eben aus dem hier Mitgetheilten st. Wäre nämlich die Flächenanziehung sowohl überall ksam, als auch insbesondere die Ursache des Aggregatzudes der Körper, so folgt nothwendig, daſs die flüssigen per in Folge der mehreren Berührungspuncte sowohl die ste Dichtigkeit als auch die stärkste Cohäsion haben müſsten, auch PARROT selbst gefühlt hat. Wollte man annehmen, Theile derselben wären weiter von einander entfernt, und urch die Wirkung der Flächenanziehung geringer, so bleibt lunkel, wodurch diese gröſsere Entfernung der Molecülen irkt werde, und diese Dunkelheit kann durch die Annahme r gegenwirkenden Flächenabstoſsung nicht aufgehellet wer-, weil damit nicht zugleich die eigentlich thätige Ursache egeben ist, welche die Wirksamkeit der einen oder der ana dieser beiden Kräfte, und das Verhältniſs ihrer gegenseiti-Stärke bedingen könnte. Zu einer gröſseren Glätte der Molen seine Zuflucht zu nehmen reicht gleichfalls nicht hin, l nicht abzusehen ist, warum z. B. die Molecülen des Eisens geschmolzenen Zustande glätter seyn sollten als im festen. s diesen und vielen andern Betrachtungen folgt dann gleichı von selbst, daſs die Theorie LA PLACE's noch immer weit uiger Schwierigkeiten zurückläſst, als die so eben angedeu-, obgleich auch sie die Frage nicht ohne gewichtige Einıdungen unbeseitigt zu lassen beantwortet. Uebrigens dient aus der geringen specifischen Wärme des Quecksilbers herommene Argument eher zur Bestätigung, als auf keinen Fall Widerlegung derselben; denn eben in der geringen specihen Wärme dieser Flüssigkeit kann der Grund nachgewiesen den, weswegen die geringe Quantität derselben, als Folge er unbedeutend starken Anziehung zwischen beiden, auch eine minder starke Repulsion ausübt, so daſs in Folge stärer Attraction zwischen den Molecülen dieser Flüssigkeit sie e so überwiegende Dichtigkeit hat[1].

1 RICHMANN hat schon zu zeigen gesucht, daſs Quecksilber die rme leichter annimmt und abgiebt als Wasser; zugleich aber wilegt er den von vielen Physikern angenommenen Satz, daſs die htesten Körper die Wärme am schwersten annehmen und abgeben ten. S. Nov. Com. Pet. III. 309. Das Nähere hierüber s. Art. *irme*.

men Zwischenräume befinden. Aus der Erfahrung lassen si ferner die Formen der Körperelemente nicht bestimmen, we die Theilbarkeit der Körper allgemein weit über die Grenze de Beobachtung hinausgeht, und Seeber nimmt daher die Kugel form hypothetisch als die wahrscheinlichste an[1], theils weil sie die einfachste ist, theils weil dann die Richtung der anziehen den und abstoſsenden Kräfte durch die Schwerpuncte geht, mit hin keine Rotation entstehen kann, und man hat auſserdem bei der Bestimmung ihres stabilen Gleichgewichtes nur die Lage ihrer Mittelpuncte zu berücksichtigen. Indem endlich die fe sten Körper durch mechanische Gewalt in Theile getrennt wer den können und dadurch weder selbst noch auch die von ihnen abgerissenen Theile den Zustand der Festigkeit verlieren, so folgt hieraus nothwendig, daſs das stabile Gleichgewicht der Elemente nicht von ihrer Gesammtwirkung abhängt, sondern das die Re sultate der Wirkungen der Anziehungen und Abstoſsungen von wie vielen Elementen jedes Körpers es seyn möge $=0$ wird; auch müssen jene einander entgegenwirkende Kräfte auf eine solche Weise jedes Element im stabilen Gleichgewichte erhal ten, daſs sie, so lange dieses besteht, zwar sich wechselseitig aufheben, bei veränderter Entfernung der Elemente von ein ander aber, werde diese vergröſsert oder vermindert, sich wieder thätig zeigen. Dabei wird endlich noch angenommen, daſs die kugelförmigen Atome sich durch die Wirkungen ihrer Kräfte zu parallelepipedischen Kerngestalten oder Elementar-Parallelepipeden ordnen lassen.

Seeber zeigt dann weiter[2] durch geometrische Con struction, wie sich die kugelförmigen Atome zu den Elementar-Parallelepipeden ordnen lassen, eine bei der Voraussetzung hin länglicher Kleinheit von jener nicht schwierige Aufgabe, giebt ferner einen geometrischen Ausdruck für den Abstand der Mit lelpuncte zweier Atome, und sucht endlich eine Function, wel che für sehr kleine Veränderungen dieses Abstandes durch 0 in positive oder negative Werthe übergeht und bei noch imme

---

1 Die durch Mitscherlich entdeckte ungleiche Ausdehnung de Krystalle durch Wärme s. Ann. Ch. P. XXVI. 222. scheint übrige der Annahme prismatisch gestalteter Molecülen günstiger zu s ohne daſs man genöthigt ist, hiermit zugleich unmittelbare Berühru derselben anzunehmen.

2 S. ebend. p. 349.

ır kleinen Incrementen des Abstandes unmeſsbar kleine, fast schwindende Werthe giebt. Durch diese scharfsinnige geotrische Untersuchung ist also wirklich ein analytischer Ausıck gefunden, welcher dasjenige ausdrückt, was wir in der ur beobachten, nämlich daſs in einem gewissen Abstande Molecülen fester Körper jene durch keine bewegende Kräfte icitirt werden, indem sie ruhen, und also die in ihnen vorıdenen Kräfte durch Gegenwirkung aufgehoben ihnen ein iles Gleichgewicht geben müssen; ferner daſs bei einer ch äuſsere Gewalt bewirkten Näherung oder Entfernung der me in jenem Falle die Abstoſsung ausnehmend wächst, in em aber höchst schnell bis zum Verschwinden abnimmt, lches alles der Erfahrung völlig angemessen ist. Noch mehr r: es ist sogar nachgewiesen, daſs die an Krystallen gemesse Winkel mit denjenigen übereinkommen, welche die, die ttelpuncte der Atome verbindenden Linien mit einander bil, wenn diese Atome zu den Elementar-Parallelepipeden einigt werden; allein hiermit ist die groſse Frage über die mente der Körper, die ihnen eigenthümlichen Kräfte und Verhältniſs, in welchem beide zu der Veränderung ihres ten, tropfbar flüssigen oder gasförmigen Aggregatzustandes ıen, noch keineswegs entschieden. In dieser Beziehung nämstehen auch dieser Theorie noch folgende Argumente entgegen.

1. Daſs sich unter der Voraussetzung der Existenz sphärier Atome und ihrer Anordnung zu Elementar-Parallelepipe ein analytischer Ausdruck für ein stabiles Gleichgewicht selben finden läſst, welcher zugleich für veränderte Entfergen dieser Elementartheile mit der Erfahrung in einigen wetlichen Puncten übereinstimmende Werthe giebt, beweiset h keineswegs die physische Existenz weder jener Molecülen h ihrer angenommenen Anordnung. Ueberhaupt daſs irgend Gesetz sich ohne inneren Widerspruch geometrisch coniren läſst, kann unmöglich das wirkliche Vorhandenseyn dessen in der Natur beweisen, sondern die Geometrie gewährt ſs demjenigen, was lediglich aus der Erfahrung entnommen n muſs, einen deutlichern, bestimmteren und schärferen sdruck, wie dieses noch neuerdings durch Mollweide [1] an em sehr sprechenden Beispiele gezeigt ist.

1 G. LXII. 422.

2. Wenn die Atome aller Körper sphärisch sind und glei-chen Gesetzen der Anziehung und Abstofsung folgen, so kön-nen sie zwar zu den verschiedensten Elementar - Parallelepipe-den und somit zu den verschiedensten Krystallformen geordnet werden, allein die Anordnung derselben ist bei allen Körpern gleich und willkürlich; die Hypothese erklärt also nicht, warum sie bei gleichen Körpern stets dieselbe und für ungleiche ver-schieden ist.

3. Wenn das stabile Gleichgewicht der Atome durch den Conflict anziehender und abstofsender Kräfte bewirkt wird, und die positive oder negative Wirksamkeit dieser letzteren eine Function der Entfernung jener Atome von einander ist, wie die-ses der analytische Ausdruck angiebt; woher kommt es dann, [illegible] gröfserer Entfernung der Elemente oder gröfserer Nähe-[illegible]rselben durch erhöhete oder verminderte Temperatur [illegible]gen das stabile Gleichgewicht unverändert bleibt? Die [illegible]ner von Aufsen einwirkenden mechanischen Gewalt [illegible]setzen, hat auf allen Fall vieles gegen sich. Hiermit [illegible]mmenhängend ist

[illegible] in der Hypothese nicht berührte Frage über den Zusa[illegible] der Wärme mit den beiden zur Erhaltung des stabilen Gleichgewichtes angenommenen Kräften. Dafs die Wärme auf die Elemente der Körper repulsiv wirke, dieses ist durch die Erfahrung sicherer und untrüglicher begründet, als irgend ein bei jener Theorie angenommener Satz. Sollte also diese vollständig seyn, so müfste das Verhältnifs nachgewiesen werden, in welchem die Wärme mit jenen beiden Kräften, ins-besondere aber mit der Repulsion steht, und zwar namentlich ob sie mit dieser letzteren identisch, oder nur ähnlich und ihre Wirkung vermehrend ist, wobei dann die aus dem eigent-lichen Wesen beider hergenommene Art und Weise, auf welche dieses geschehen kann, nicht unberücksichtigt bleiben dürfte. Man sieht also, dafs La Place's Hypothese bei der Erklärung des verschiedenen Aggregatzustandes der Körper durchaus nicht unbeachtet bleiben kann, weil sie zu unmittelbar aus der Er-fahrung hergenommen ist, als dafs sie bei der Auffindung der Gesetze für die durch Beobachtung aufgefundenen Thatsachen übergangen werden könnte.

5. Es läfst sich endlich zeigen, dafs die Theorie von [illegible] **Conflicte anziehender und abstofsender Kräfte und einem hierdu**[illegible]

ɩeugten stabilen Gleichgewichte in sich nicht consequent ist. 'enn man sich nämlich zwar leicht vorstellen kann, dafs im ɩnflicte beider ein Zustand der Ruhe, ein stabiles Gleichgecht, erzeugt wird, so fügt sich dennoch die Erfahrung einer gemeinen Construction ihrer gegenseitigen Wirksamkeit keiswegs. Um dieses an einem Beispiele zu zeigen, denke man :h einen stählernen Cylinder von beliebiger Dicke und gleich-ɘibender Temperatur, in welchem also das stabile Gleichge-.cht der Atome vorhanden ist. Wird dieser dann durch äufsere ɘchanische Gewalt ausgedehnt, wodurch die Atome in gröfsere ɪtfernung von einander kommen, so wird die Repulsion abhmen, die Attraction aber zunehmen, schon deswegen, weil ɘ erstere bei gröfserer Annäherung der Atome wächst, und ide einander entgegengesetzt sind. Die Anziehung erhält ch wirklich ihr Maximum, ohne jedoch unendlich zu wer-ı, bis der Körper zerreifst, und dann werden beide Kräfte = 0. ɘses liegt an sich nicht im analytischen Ausdrucke, und wenn n zu gleicher Zeit berücksichtigt, dafs bei einem bedeutenɑ Abstande der Atome in der Dampfgestalt der Körper aberls eine unverkennbare Repulsion wahrnehmbar wird, so führt ch diese Betrachtung wieder auf das Verhältnifs der Wärme den beiden Kräften, welches also auf allen Fall bei keiner pothese zur Erklärung des verschiedenen Aggregatzustandes r Körper übersehen werden darf.

Aus allen diesen Betrachtungen ergiebt sich also endlich ɑr augenfällig, dafs die eigentlichen Ursachen, welche den ·schiedenen Aggregatzustand der Körper erzeugen und bedinı, noch keineswegs mit genügender Gewifsheit erforscht d, und dafs einem jeden Versuche, diese wichtige Frage zu ɪntworten, sehr bedeutende, wo nicht unüberwindliche ɪwierigkeiten entgegenstehen. Vorläufig aber, und bis zu ıerer Aufklärung der Sache bleibt die Hypothese, welche die ärme als nächste wirkende Ursache ansieht, noch immer : Erfahrung am angemessensten, und man kann sie da- : um so mehr beibehalten, als bei der Bestimmung des esens der Wärme auch auf die Wirkungen derselben hinhtlich der Flüssigmachung und Dampfbildung Rücksicht zu ımen ist.

J. F. Fries hat ohne Widerrede die Theorie von dem nflicte zweier Grundkräfte mit dem eindringendsten Scharf-

sinne aufgestellt, einer grofsen Menge von Erfahrungen angepafst und am vollständigsten mit innerer Consequenz durchzuführen gesucht. Dafs er auch die Ursachen des verschiedenen Aggregatzustandes der Körper auf dieselben zurückführe, versteht sich wohl von selbst, und in sofern müfsten seine Ansichten hier billig geprüft werden; weil er sich aber dabei vorzüglich auf den gasförmigen Zustand bezieht, so verspare ich diese Untersuchung für den Artikel *Gas*. M.

Flugmaschine.

Die Begierde der Menschen, den Vögeln gleich sich in die Luft zu erheben, hat in verschiedenen Zeitaltern Vorschläge und wohl auch Versuche dazu hervorgebracht. Ohne bis zu der Mythe des Dädalus aufzusteigen, begnüge ich mich dasjenige hier beizubringen, was in den neuern Jahrhunderten der P. Franz. Laua vorschlug. Er berechnet, dafs das Gewicht einer luftleeren Kugel von 14 F. Diameter aus Messingblech, (dessen Quadratfufs 3 Unzen wiegt) nur 1848 Unzen betragen würde, während dem ein gleiches Volumen von Luft 2156 Unzen wöge, so dafs die Kugel nicht blofs in der Luft schweben, sondern noch eine Last von 304 Unzen mit sich erheben würde: gröfsere Kugeln von gleicher Metalldicke würden folglich noch mehr leisten. Allein schon früher hatte der Mönch Bacon etwas Aehnliches angegeben, ja sogar behauptet, es mit Erfolg ausgeführt zu haben. Sein Apparat bestand aus mehrern Kugeln von dünnem Kupfer, an denen eine Art Fahrzeug befestigt war. Schon Borelli und Hook haben jedoch das Unausführbare dieser Pläne sowohl in Beziehung auf die Dichtigkeit, und den ungenügenden Widerstand des Kupfers, als auch in Absicht auf die Schwierigkeiten der Exantlirung dargethan.

Was das verflossene Jahrhundert hierin durch die Erfindung der *Aërostaten* geleistet hat, ist unter jenem Artikel zu lesen. Wir beschränken uns in diesem auf dasjenige, was hierin nicht auf hydrostatischem Wege, sondern durch wirkliche Flügelbewegung versucht worden ist.

Aug. Wilh. Zachariä beschreibt am Schlusse seiner Elemente der *Luftschwimmkunst*[1] die Einrichtung eines Modelles

1 Die Elemente der Luftschwimmkunst. 1807. 8.

as sein Bruder, CHRIST. FRIEDR. ZACHARIÄ, verfertigt hatte, nd welches einen kleinen mit beweglichen Flügeln ausgerüstem Fallschirm aus Fischbeinstäben und Taffent vorstellte. Der lügelschlag wurde durch Federn und Räderwerk hervorgeracht, war aber nicht vermögend, das Gestelle schwebend zu halten, obgleich die Maschine, wenn sie mit der Hand gelten wurde, bei jedem Flügelschlage, der sich etwa in einer ecunde wiederholte, einen merklichen Ruck aufwärts machte.

Einer besondern Beachtung werth sind sie Versuche, welche der Uhrmacher JACOB DEGEN in Wien im Jahr 1808 daelbst mit einer von ihm erfundenen Flugmaschine anstellte[1]. Wenn diese auch noch Manches zu wünschen übrig liefs[2], so istete sie doch den Thatbeweis, dafs der Mensch durch Flügelschläge einen beträchtlichen Theil seines Gewichts überwinm könne. Sein Apparat enthielt zwei Flügel, deren Gerippe s Bambusrohr, die Oberfläche aus feinem gefirnisten Papiere stand. Die Länge eines jeden betrug 10 Fuſs 4 Zoll, die ſste Breite 9 Fuſs; seine Oberfläche hielt 54 Quadratfuſs. e glichen einem beinahe runden Schirme, der nach der ern Seite hin in eine zugespitzte Verlängerung ausgezogen . In jedem Flügel befanden sich 3500 papierne Klappen, e an Seidenfäden befestigt, nach unten sich öffneten. Alles ar durch seidene Schnüre, die an einem aufrechten Stabe wie einem Mastbaume sich vereinigten, hinreichend gespannt d gesteift. Die Ebene der Flügel befand sich etwa in der he des Halses des aufrecht stehenden Fliegenden, und das stell war fest mit seinem Körper verbunden, ohne jedoch end eine seiner Bewegungen zu hemmen. Sehr zweckmäſsig tte der Künstler die gröſste Kraft benutzt, die der Mensch t seinen Gliedern äuſsern kann, indem er ihn mit den Füſsen, e zum Sprunge gerüstet, einen Rahmen niedertreten lieſs, der e Flügel niederschlagen machte[3]. Mit diesem Apparate

1 Beschreibung einer neuen Flugmaschine von JACOB DEGEN. ien 1808. Mit 1 Kupfert.; und in G. XXX. 1. und XXXI. 192. e Nachrichten von J. CHR. STELZHAMMER,

2 Man sehe die Bemerkungen von PRECHTL in G. XXI. 320.

3 BORELLI setzt die beim Sprunge wirkende Muskelkraft auf das 00 fache Gewicht des Menschen. Es ist bekannt, dafs Fuhrleute hen schweren Wagen dadurch herumheben, dafs einer auf der rde liegend, die Füſse gegen die eine Axe desselben anstemmt,

machte Degen die ersten Versuche in der Kaiserlichen Reitschule zu Wien, indem er durch ein von der Decke herunterhängendes Gegengewicht seine Last etwa um die Hälfte erleichterte. Er selbst wog 119 Pf., die Maschine 25 Pf., das Gegengewicht 75 Pf., die Reibung über die Rollen 9 Pf., so daſs er also 119+25+9−75=78 Pf. durch den Flügelschlag zu erheben hatte; er erhob sich daselbst durch etwa 34 Schläge in 30 Secunden auf eine Höhe von 50 Fuſs, was etwa 1½ Fuſs Erhebung durch einen Flügelschlag giebt. Bei einem spätern Versuche hatte sich der Künstler mittelst eines Aërostaten von 19 Fuſs Durchmesser, der ihn nur eben zu tragen vermochte, bis zu 40 und zu 105 Klaftern erhoben, und war, nachher vom Balle sich losmachend, ganz allmälig heruntergeflogen: das Sinken geschah so langsam, daſs kein Zuschauer Besorgnisse empfand; der Künstler konnte sogar zuweilen ausruhen und dann durch neue Flügelschläge sich wieder erheben; er konnte sich umwenden, selbst vom Winde ohne Flügelschlag erheben lassen; und kam in beiden gemachten Versuchen ohne alle Beschädigung zur Erde.

So groſs auch die Schwierigkeiten seyn mögen, die dem Fluge des Menschen, den Bonzani schlechterdings für unmöglich erklärt, sich entgegensetzen, so beweisen doch die angeführten Versuche sowohl die Wirksamkeit des Flügelschlags, als auch die Fähigkeit des Menschen, ihn bei gehöriger Einrichtung ohne allzu groſse Ermüdung mit ziemlicher Kraft fortzusetzen. Künftige Geschlechter werden nach Franklin's Ausdrucke *das Kind groſs ziehn*, und schwerlich dürften die bisherigen Anfänge der Luftbeschiffung von ihrem Ziele so weit abstehen, als die Versuche der ersten Schiffer von der jetzigen Vollkommenheit der Hydronautik. *H.*

F l u o r.

Fluorine; *Fluorum;* Fluor; *Fluor.* Ein Stoff, welchen man nicht für sich kennt, dessen Gegenwart man je-

---

und durch Ausstrecken der etwas eingezogenen Beine die Last emporhebt. Bei einem Versuche mit dem Dynamometer, dessen oberes Ende durch einen um die Hüften befestigten Riemen, das untere von dem unter die Füſse gelegten Eisen gespannt wurde, zerriſs der eiserne Haken, und das Dynamometer zeigte die Kraft des seine Knie und Hüftgelenke ausspannenden jungen Mannes auf 800 Pf. an.

:h im Flufsspath, Kryolith, Topas, der Flufssäure und an-
n Materien hypothetisch annimmt, und der in seinen chemi-
en Beziehungen am meisten Aehnlichkeit mit dem Chlor hat.
ne wichtigsten Verbindungen sind folgende:

Die *Flufssäure* (18,6 Fluor und 1 Wasserstoff) durch De-
lation von Flufsspath (Fluorcalcium) mit Vitriolöl in Gefäfsen
ı Blei oder Platin in wasserfreiem Zustande dargestellt, ist eine
sserhelle Flüssigkeit von 1,0609 specifischem Gewichte, bei
20° noch nicht gefrierend, an der Luft rauchend, etwas
er + 15° kochend, von geringer lichtbrechender Kraft, und
ı stechendem Geruch, deren Dämpfe beim Einathmen der
nge höchst nachtheilig sind, und welche auf der Haut hef-
Entzündung und Vereiterung mit Wundfieber erregt. Sie
et mit Kalium und mehreren anderen Metallen, unter
werden des Wasserstoffes, Fluormetalle; desgleichen mit
k, Kieselerde u. s. w. unter Bildung von Wasser. Hierauf
ıht das Aetzen in Glas; denn da dieses neben Alkali gröfs-
heils aus Kieselerde besteht, so zersetzt sich die Flufssäure
nit im Fluorsiliciumgas, Fluorsiliciumnatrium und etwas
sser.

Dieses *Aetzen in Glas*, welches durch geringe Uebung zu
er grofsen Fertigkeit gebracht werden kann, und zur Verfer-
ıng von allerlei Scalen von grofsem Nutzen ist, geschieht
ar auch durch Anwendung der liquiden Flufssäure, leichter
l schneller aber mit flufssauren Dämpfen auf folgende Weise.
s zu ätzende Glas mufs zuvor bestens gereinigt seyn, was
leichtesten mit frischer Holzasche und Wasser geschieht,
em man es hiermit abreibt, dann mit reinem Wasser abspühlt
. mit einem reinen leinenen Lappen trocknet. Hiernach
d das Glas über Kohlen erwärmt, und mit einem Deckfirnifs
rzogen[1], welcher nur dünn aufzutragen ist, indem man ihn
Gleichförmigkeit wegen auch mit der Fahne einer Rabenfe-
aus einander ziehen kann. Den Firnifs kann man sich für
e Jahre in Voraus bereiten. Zu diesem Ende schmelzt man
'h. weifses Wachs, 1 Th. Mastix, ½ Th. Asphalt und fast
Th. venet. Terpentin bei sehr gelindem Feuer in einem

1 Das Decken des Glases mit Blattgold oder blofsem Wachs ist
ls mühsamer, theils minder sicher, und wird daher hier nicht
er berücksichtigt.

neuen Topfe, erhält die Masse wohl eine halbe Stunde bei gelinder Wärme im Fluss, damit der Schmutz zu Boden fällt giesst den obern Theil der Masse in ein Gefäss mit kaltem Wasser, worin sie sich zu einem unförmigen Klumpen vereinigt, formt einen solchen mit den Fingern zu einer Kugel von der Grösse eines kleinen Hühnereies, schlägt diese in ein Läppchen von Taffent, und bindet die Ränder des Taffents zu einer Art Stiele zusammen, in welchen man des bequemern Anfassens wegen auch einen kleinen hölzernen Stab senken kann. Beim Gebrauche wird die eingeschlagene Masse Firniss durch das erwärmte Glas hinlänglich flüssig, um durch den Taffent zu dringen, und sich auf das Glas zu legen, insbesondere wenn man das Ueberziehen über Kohlen vornimmt. Nach dem Erkalten des Firnisses kann das Radiren der erforderlichen Striche, Buchstaben, Figuren u. s. w. mit jedem beliebigen metallenen, spitzeren oder stumpferen Instrumente, am besten einem stählernen, in der erforderlichen Feinheit oder Breite leicht bewerkstelligt werden, und man überzeugt sich davon, dass der Firniss ganz durchschnitten sey, wenn man das Glas gegen das Licht hält, und den eigenthümlichen Glanz der radirten Stellen beobachtet. Demnächst wird der Flussspath gepulvert, in einen gemeinen hessischen, Graphit-, Platin- oder blernen Tiegel oder nur einen irdenen Topf geschüttet und mit gleichviel Vitriolöl befeuchtet, wobei man, wenn Glasröhren oder schmale Scalen zu ätzen sind, den Tiegel mit zwei Bretchen bedecken kann, um zwischen diesen den erforderlich breiten Raum zum Aufsteigen der flussauren Dämpfe zu lassen. Der so vorgerichtete Tiegel wird über gelindem Kohlenfeuer erhitzt, worauf man bald die weisslichen Dämpfe aufsteigen sieht. In diese wird das zu ätzende Glas gehalten, bis es etwas feucht wird, und die radirten Stellen nicht mehr glänzend, sondern blind und etwas weisslich erscheinen. Wird das Aetzen zu lange und bei zu starker Gasentwickelung fortgesetzt, so dringt die Säure unter den Firniss, und macht auch die bedeckten Stellen rauh. Glaubt man aber, dass tief genug geätzt sey, so erwärmt man das Glas wieder, reinigt es von dem Firniss durch Abwischen mit Fliesspapier, wobei man auch etwas Terpentinspiritus zu Hülfe nehmen kann, und die Arbeit ist vollendet. Will man die Scalen deutlicher machen, so kann man etwas Tusche mit Wasser in die Vertiefungen einreiben, gewöhnlich

r befeuchtet man etwas Zinnober mit einigen Tropfen Terdinspiritus, reibt dieses mit dem Finger in die Scale ein, und n zuletzt auch noch etwas trocknen Zinnober vermittelst mwolle nachtragen, wodurch das Glas nebst der Scale ein afteres und feineres Ansehen erhält. Durch langen Geich und vieles Reinigen wird der Zinnober aus den Vertiegen der Scale entfernt, kann aber durch das angegebene Veren wieder hergestellt werden. Endlich füge ich dieser Ansung noch hinzu, dafs am besten das ganze Glas, worauf zt werden soll, mit Firnifs bedeckt wird, damit die Säure nicht irgendwo blind mache, desgleichen dafs das Schmelzen Aetzgrundes durch zu starke Hitze zu vermeiden ist, auch s man vorsichtig das Einathmen der sauern Dämpfe vermei-, weswegen die Arbeit am besten an einem Orte vorgenom- wird, wo ein schwacher Luftzug dieselben von dem Operilen entfernt[1].

Die Flufssäure mischt sich mit Wasser unter heftiger Erang, und zwar mit solcher Verdichtung, dafs das Gemisch einem gewissen Verhältnisse ein specifisches Gewicht von O zeigt. Sie bildet mit denjenigen Salzbasen, mit welchen sich nicht sogleich in Fluormetall und in Wasser zersetzt, flufssauren Salze, welche beim stärkern Erhitzen meistens falls in Fluormetalle und verdampfendes Wasser zerfallen. selben entwickeln mit Vitriolöl flufssaure Dämpfe, welche Glas angreifen; sie lösen sich sobald die Salzbasis nicht vorscht, in Wasser auf; auch sind viele derselben unter einr zu Doppelsalzen verbindbar.

Des *Fluorborons* ist Bd. I. S. 1100 Erwähnung geschehen. Verbindungen des Fluors mit den Metallen, die *Fluorme-*, kommen theils natürlich vor, theils werden sie durch Zumenbringen von Flufssäure mit einem Metalle oder Metallle erhalten. Sie zeigen nie Metallglanz und sind meistens it schmelzbar und das Fluorsilicium ist sogar gasförmig. erleiden keine Zersetzung, für sich oder mit Kohle oder mit serfreier Phosphorsäure geglüht. Beim Glühen mit Boraxe entwickeln sie Fluorborongas, und beim Erhitzen mit serhaltender Schwefelsäure dampfförmige Flufssäure. Mehlösen sich in Wasser auf, öfters unter Abscheidung eines

1 Vergl. Lichtenberg im Gött. Taschenkalender 1789. S. 138.

Theils erzeugten Metalloxyds, so daſs dann die Lösu schlüssige Fluſssäure enthält.

So wie beim Chlor läſst sich auch beim Fluor die durchführen, die Fluſssäure, so wie sie durch Destilla Fluſsspathes mit Vitriolöl erhalten wird, sey eine Ver von Wasser mit einer hypothetisch trockenen Fluſssäur che aus Sauerstoff und einem hypothetischen brennbar per, dem Fluorium oder Fluoricum bestehe; der Fl wäre hiernach eine Verbindung von Kalk mit der hypo trockenen Fluſssäure, welche Säure, da sie mit sehr groſser gegen die Salzbasen begabt sey, unter allen trockenen bloſs durch die trockene Boraxsäure ausgetrieben werden sofern hierbei die trockene Fluſssäure mit einem Theile gewandten Boraxsäure eine innige Verbindung zu fl saurem Gas (unserm Fluorboron) einzugehen vermöge. V zersetze den Fluſsspath, weil dessen Wasser sich mit der thetisch trockenen Fluſssäure zu der oben beschriebenen Fluſssäure vereinige, während die Schwefelsäure den K nehme. Nach dieser Ansicht wären endlich alle Fluat namentlich auch das Fluorsilicium, als Verbindungen der thetisch trockenen Fluſssäure mit Metalloxyd zu betr

F l u ſ s.

Fluxus; Flux; *Flux.* Mit diesem Ausdrucke beleg

1. *den geschmolzenen Zustand einer Materie.* Man z. B. von einem dünnen und zähen Fluſs, desgleichen nem wässerigen und einem feuerigen Fluſs, in welch schiedene Materien durch Erhitzen kommen.

2. Auch versteht man unter Fluſs oder Glasfluſs feine Gläser, die besonders zum Nachahmen der Ed dienen, wohin der *Straſsburger Fluſs* gehört.

3. Endlich nennt man solche Materien Flüsse ode mittel, Schmelzungsmittel oder die Schmelzung befö *Zuschläge*, welche dienen, strengflüssigere Körper schmelzbar zu machen, daſs sie sich mit ihnen zu einer flüssigen Verbindung vereinigen. Um z. B. die Kieseler vielen Erzen beigemengt ist, schmelzbar zu machen, fü alkalische Substanzen hinzu, im Kleinen vorzüglich saures Kali und Natron, Borax, Salpeter, gebrannten

…spath, Glas, oder Gemenge von diesen Substanzen; im …ben kohlensauren Kalk, Flufsspath u. s. w. Umgekehrt …t Kieselerde als Flufs, wenn das Erz Kalk enthält. Beim …iren der Erze werden Erze, denen verschiedenartige für …bei dem gegebenen Feuer unschmelzbare Erden (z. B. einer- … Quarz und Thon, andererseits Kalkstein und Schwerspath) …mengt sind, in dem Verhältnisse zusammen verschmolzen, …sich diese Beimengungen wechselseitig schmelzbar machen, …es wird somit ein weiterer Zusatz an Flufs erspart. Hält …Flufs Kohle beigemengt, welche dem im Erze enthaltenen …eren Metalloxyde den Sauerstoff zu entziehen hat, so heifst …in *reducirender* Flufs. Hierher gehört der im Kleinen ge-…chliche *schwarze Flufs*, durch Verpuffen von 1 Theil Sal-…r mit 2 Theilen Weinstein erzeugt, während der aus glei-…i Theilen dieser Mittel erhaltene *weifse Flufs* durch Ge-…an überschüssigem Salpeter oxydirend wird. *G.*

Flufs, S. Strom.

Fluth, S. Ebbe.

Folge der Zeichen.

…o *signorum coelestium*, *Consecutio signorum*; …re des signes; *Order of the Signs*, ist zunächst …ts anderes, als die Ordnung der Zeichen in der Ekliptik, …nämlich der Widder dem Stiere, dieser den Zwillingen …ngeht, und so fort. Diese Ordnung ist die richtige Folge …Zeichen in sofern, als die Sterne des Widders früher als …Sterne des Stiers, die Sterne des Stiers früher als die Sterne …Zwillinge durch den Meridian gehen. Man sagt daher von …m Gestirn, es bewege sich nach der Ordnung der Zeichen, … der Folge der Zeichen (*in consequentia*) oder sey …**chtläufig** (*directus*), habe eine rechtläufige Bewe-…g (*motus directus*, mouvement direct; *forward direct motion*), wenn es von einem Zeichen zu dem …, jener Ordnung gemäfs, *folgenden* Zeichen übergeht, oder …n die Längengrade auf der Ekliptik nach eben der Ordnung …gezählt werden, indem die Länge des Gestirns (es mag nun …oder aufser der Ekliptik sich bewegen) wächst. Ein Him-…skörper bewegt sich *gegen* die Folge der Zeichen, (*in an-*

recendentia seu praecedentia), wenn er aus d
in den Widder, aus dem Widder in die Fische u. s. f
geht, wenn seine Länge abnimmt; und dann heifst s
wegung rückläufig *(retrogradus motus*; mou
retrograde; *a backward motion*). Wenn wi
dem Gesichte nach Süden gekehrt, den Himmel a
so steht jedes folgende Zeichen der Ekliptik uns meh
und die Folge der Zeichen geht daher von der Rec
Linken. Denken wir uns im Mittelpuncte der Erde,
len uns vor, wir übersähen von dort aus den ganzen
so würde, wenn unser Kopf stets nach Norden gerich
allemal das vorangehende Gestirn mehr rechts, das nac
mehr links, vor uns stehen.

Betrachtet der im Mittelpuncte der Erde stehende
ter die Puncte auf der Oberfläche der Erde, so sieht
vermöge der Rotation, nach der Folge der Zeichen
und folglich stimmt die Umdrehung der Erde mit de
der Zeichen überein. Wenn wir dagegen von de
die Rotation der Sonne beobachten, so sehen wir i
nach und nach von Osten nach Westen, oder von
gegen die Rechte fortrücken; aber dennoch ist diese
in der Wirklichkeit eine rechtläufige, das heifst, einem
ter im Mittelpuncte der Sonne erscheint eben diese Be
nach der Folge der Zeichen. Könnten wir nämlich de
nenfleck auch an der von uns abgewandten Seite de
seine Bewegung fortsetzen sehen, so würde sie uns
der Rechten nach der Linken gehend, ebenso, wie ei
Fig. achter im Mittelpuncte C der Sonne sie sähe, erschein
76. von man sich leicht durch den Anblick der Figur üb
wenn man den Beobachter auf der Erde sich in A den
den von b nach b′, b″, b‴, b⁗, b′⁗, fortgehenden S
fleck verfolgt. Aus eben den Gründen würde, selbs
die Erde in A ruhete, die Venus b in dem nähern Thei
Bahn als rückläufig erscheinen, in dem entferntern a
läufig. Eben so sehen wir die Jupitersmonde, wenn s
seits des Planeten vorbeigehen, in scheinbar rückläuf
wegung, und schliefsen daraus auf ihre wirklich rec
Bewegung.

Wie es zugeht, dafs auch bei den oberen Plane

bar rückgängige Bewegung eintreten kann, wird im Art. ...ten, erklärt; der Beweis, dafs auch der Mond eine nach ...lge der Zeichen gehende Rotation habe, im Art. *Mond.*
B.

Friction, S. Reibung.

Frost.

...e; *gelu; gélée, frost.* Die Temperatur der Luft, ...lcher Wasser im Freien gefriert, im Allgemeinen gleich-...end mit *Kälte.* Wenn diese jedoch mehr eine andauernde ...ffenheit der Witterung bezeichnet, so werden unter ...meistens nur die geringeren Grade einer zufälligen Kälte ...nden, wie sie in gelindern Jahreszeiten statt findet. Oft wird das Wort für den Actus des Gefrierens, und die ...ung derselben gebraucht.

Vom *Gefrieren* und den damit verbundenen Erscheinungen ...n beim Art. *Eis*[1] die Rede gewesen. Wir erwähnen ...nehmlich der *Nacht*- oder *Morgenfröste*, die im Früh-...der Herbst sich einfinden, und durch das Ungewöhnliche Unvorbereitete ihres Eintreffens den Gewächsen in vor-...chem Grade verderblich werden. Sie sind gemeiniglich Folge einer durch anhaltenden Regen, und in den Gebirgen ...l auch durch Schneefall bewirkte Erkältung der Atmosphäre. ...n der, während des Regens im westlichen Europa vorherr-...de, Westwind allmälig nach Norden umgeht, wird eine ...ere Luft herbeigeführt; es erfolgt Aufheiterung, und diese des Nachts oder am Morgen früh eintritt, eine be-...liche Wärmeausstrahlung des Bodens, deren erkältende ...ung noch durch den Verdunstungs-Procefs der feuchten ...und der nassen Pflanzen erhöhet wird. Geht die Tempe-...unter +2° R. herab, so bildet sich *Reif*, der jedoch den ...ischen Gewächsen wenig schadet; indem das Geistige ih-...ftes selbst einer Kälte von — 1 bis 2 Graden widersteht. ...anhängende und eingesogene Wasser beschleunigt jedoch Gefrieren, daher solche Temperatur-Wechsel nach dem ...n viel bedenklicher sind, als bei trockenem Wetter. Be-...s nachtheilig wird dann das plötzliche Aufthauen des

[1] ...S. Th. III. S. 99 ff.

Eises durch die Strahlen der Morgensonne, indem die von dem gefrornen Wasser ausgedehnten Gefäfse sich nicht wieder allmälig zusammenziehen und ihre frühere Organisation herstellen können. Die plötzliche Erwärmung reizt die Pflanze zu einem erneuerten Kreislaufe der Säfte auf, ehe diese vom Hauptstamme zugeführt werden können. Daraus erfolgt Ueberreizung und Absterben der zärteren Theile des Gewächses. Oft auch bewirkt, zumal ein starker Winterfrost, mechanisch durch die Ausdehnung der gefrierenden Flüssigkeit das Zerspringen der Gefäfse, und spaltet selbst die Stämme der Bäume.

Der bedeutende Schaden, welchen in den nördlichen Gegenden der gemäfsigten Zone, die Frühlingsfröste an verschiedenen, einem milderen Klima angehörigen Gewächsen, z. B. dem Weinstock anrichten, hat schon verschiedene Vorschläge in Anregung gebracht, wie diesem Ereignifs, das nicht immer ganz unvorgesehen kommt, zu begegnen sey. Man hat angerathen, auf der einen Seite des Weinberges ein starkrauchendes Feuer anzuzünden, da dann der Wind den feuchten Rauch über jenes Stück Landes verbreiten, und dieser die Kälte mäfsigen würde. Allein bei Windstillen fällt jene Voraussetzung weg, und dann zumal sind die Fröste gerade am heftigsten. Eben so sollte eine Art künstlicher Regen durch Bespritzen mit Wasser die Kälte absorbiren. Allein diese Vorschläge gewähren immer nur eine sehr partielle und höchst ungewisse Hülfe; die Hauptsache ist, die Wärme-Ausstrahlung der Pflanzen zu verhindern, welche sie in eine noch niedrigere Temperatur versetzt, als die umgebende Luft hat. Ohne diese, erst durch Wells's Untersuchungen über den Thau thatsächlich erwiesene Theorie zu kennen, hat die Erfahrung einige Agrocultoren auf die Idee gebracht, die einzelnen Pflanzen mit einem darüber aufgesteckten Strohwisch, der sich mantelförmig über sie ausbreitet, zu schützen, oder auch ganze Pflanzungen durch Tücher, welche an hohen Stangen theilweise über dieselben ausgebreitet werden, vor dem directen Anblick des Himmels zu verwahren. Eben diese Verdeckung scheint auch dem Vorschlage der Obstpflanzer zum Grunde zu liegen, dafs man Pfirsichspaliere mit Tannenreisig bestecken solle, um die schädlichen Wirkungen des Frostes abzuhalten.

H.

Frostdampf.

Von dieser Erscheinung, die hauptsächlich in den Polar-ren sich zeigt, ist in diesem Werke bereits beim Art. *Eis*[1] Nöthige beigebracht worden. Sie scheint durch eine plözt-e Temperatur-Erniedrigung der Luft hervorgerufen zu werden, l ist ein Niederschlag der aus dem wärmeren Wasser ent-kelten Dünste, besonders wenn diese durch Bewegung des ssers im Uebermafs hervorgelockt werden. Daher zeigt sich Frostdampf auf dem Meere nur bei frischem Winde, und et daselbst eine für die Seefahrer eben so unangenehme als hrliche Nebelschicht von etwa 80 Fufs Höhe. Auf den sen erscheint er gemeiniglich des Abends, wenn die Kälte verstärkt. Auf den gewöhnlichen Seen findet er sich nicht, dort zu seiner Bildung Wind erforderlich wäre, welcher ler geringen Ausdehnung solcher Gewässer den Nebel bald ihren würde. *H.*

Frühling.

ühjahr, *Lenz; Ver*; Printems, *Spring*. Eine vier Jahreszeiten, die im Deutschen (wie im Englischen) der alsdann sich erneuernden Pflanzenwelt ihren Namen haben scheint. Der Frühling folgt dem Winter; wenn es aling wird, so keimen alle Pflanzen hervor, die Bäume be-men junges Laub, Blüthen u. s. w.

Der Anfang des Frühlings wird dann gerechnet, wenn die ne sich über den Aequator des Himmels erhebt, und daher is auf der ganzen nördlichen Halbkugel der Erde Früh-gs-Anfang, wenn die Sonne in die nördlichen Zei-l der Ekliptik tritt, oder sich im Nullpuncte des Widders, uncte der Frühlings-Nachtgleiche befindet, ches um den 20. März geschieht. Dann ist der Tag der ht gleich, und die Tage sind im Zunehmen. Der Frühling rt bis zu dem längsten Tage, da die Sonne ihre gröfste liche Declination erreicht hat; sie befindet sich dann im puncte des Krebses, sie erreicht ihren höchsten Stand am mel und es ist *Sommers Anfang*. Auf der südlichen Halb-

1 S. Th. III. S. 142.

kugel der Erde steht die die Sonne dann am tiefsten, v uns am höchsten steht; daher ist dort Frühlings-Anf den 23. Sept. und der dortige Frühling dauert bis zum 2 wo die Sonne dort ihren höchsten Stand erreicht.

Diese Bestimmung gilt nur für die gemäßsigte, und wissen Modificationen für die kalte Zone. In der heißse befolgen die Jahreszeiten eine andere, besonders von genzeit abhängende, Ordnung, und da es dort keinen lichen Winter, keine so auffallende Unterbrechung der tation giebt, so lassen sich unsere Ausdrücke, welche a genden, die weit von der heißsen Zone entfernt liegen, richtet sind, dort nicht gerade zu gebrauchen.

Obgleich wir aber im astronomischen Sinne den und das Ende des Frühlings als an gewisse Tage geknüp sehen, so ist doch der meteorologische Eintritt des Frü davon oft sehr verschieden. Allerdings ist die Zeit der N gleiche ungefähr auch der Zeitpunct, wo bei uns angen milde Witterung, Frühlingswitterung, eintritt; aber den kann sich der Winter eben so gut über diesen Zeitpunct h verlängern, als von der andern Seite, ein früher Früh schon vor jenem Zeitpuncte eintreten kann. *B.*

Frühlingsnachtgleiche.

Aequinoctium vernum; Équinoxe du printe *Vernal Equinoxe.* Die Zeit der Frühlingsnachtgleich der Augenblick, da die Sonne den Durchschnittspunct Ekliptik und des Aequators erreicht, von welchem an s nördlich vom Aequator entfernt, und den Anfang unsers lings hervorbringt. Da die Sonne dann für die ganze E Aequator des Himmels erscheint, und ihr Tagekreis mi Aequator zusammenfällt, so verweilt sie für alle Gegend Erde gleichmäßsig 12 Stunden über und 12 Stunden unt Horizonte. *B.*

Frühlingspunct.

Punct der Frühlingsnachtgleiche; **W derpunct**, **erster Punct**, oder **Nullp des Widders**; *Punctum aequinoctii v*

unctum primum arietis; Équinoxe du Printems, emiér point du belier; *the aequinoctial Point.* — rjenige Durchschnittspunct der Ekliptik mit dem Aequator, in lchem die Sonne anfängt, sich nördlich von der Ekliptik zu fernen. Die Sonne erreicht diesen Durchschnittspunct allemal den 21. März und die Einrichtung unserer Schaltjahre dient zu, diesen Tag mit jenem Phänomene zusammenstimmend zu ialten. Da von hier an die Grade der Ekliptik gezählt wern, und der Widder, als die ersten 30 Grade einnehmend, gegeben wird, so ist jener Punct der Anfangspunct oder Nullnct des Widders, oder 0° ♈.

Dafs dieser Punct in sehr alter Zeit in das Sternbild des idders fiel, aber sich jährlich um etwas weniges, immer hr davon entfernt, wird im Art. *Vorrücken der Nachtchen* weiter erklärt werden. Wie es mit grofser Genauigkeit unden wird, zeigt Bessel bei der Berechnung von Bradley's obachtungen[1]. Seine jetzige Lage ist zwischen dem Schwanze s südlichen Fische und dem Schwanze des Wallfisches. Die de des Aequators sowohl als die Grade der Ekliptik werden n ihm an nach der Folge der Zeichen[2] fortgezählt. *B.*

Funke, elektrischer.

ntilla electrica; Étincelle électrique; *Electric spark.* Die bei der elektrischen Wechselwirkung zwien zweien Körpern in den Zwischenräumen zwischen denen Statt findende, und durch diese elektrische Wechselkung selbst wesentlich bedingte schmale, zusammengehaltene, indrische Lichterscheinung, welche auch bei Tage sichtbar einem knisternden Laute begleitet ist, und augenblicklich übergeht, wird mit dem Namen des *elektrischen Funkens* ichnet.

Es ist bereits von demselben, als einer der Formen, unter lcher sich die E. von einem Körper an den andern mittheilt, ter dem Artikel *„Elektricität“* und zwar in dem Abschnitte *Mittheilung“*[3] und auch unter dem Artikel *„Elektrisir-*

1 Fundamenta astronomiae pro anno 1755 deducta ex observat. Bradleyi. Reglom. 1818.

2 S. Art. *Folge der Zeichen.*

3 S. Bd. II. 268.

Maschine" in dem Abschnitte „*Wirkungen derselben*"[1] i allgemeinen gehandelt worden. Hier mögen noch einige diesen beiden Orten übergangene Bestimmungen dieses me würdigen Phänomens nachträglich am besten ihren Platz fin

I. Die Erfahrungen.

Die el. Lichterscheinungen sind sehr mannigfaltig von A sehen und Form, und in ihrem schnellen Vorübergehen k stets mit Bestimmtheit aufzufassen. Es sind in dieser Hin eine Menge Stufen von dem ersten Auftreten eines lecke el. Lichtes, welches einen entweder ursprünglich vorzü durch Reiben oder durch Mittheilung el. Körper umgiebt, gleichsam an demselben mehr haftet, durch die einfachen mehr büschelförmigen Ausstrahlungen und Feuerpinsel von verschiedensten Graden der Ausbreitung bis zu den stä Funken, verbunden mit den mannigfaltigsten Modificati des *Glanzes*, der *Farbe*, und des dieselben begleitenden *räusches*, die theils durch die verschiedene Intensität, Qu tät und Qualität der Elektricität selbst, theils durch di Ausdehnung und sonstige Beschaffenheit der Körper, chen die E. auftritt, endlich durch die Ausdehnung schaffenheit des Zwischenraumes, in welchem die Lich nung vorkommt, bestimmt werden, dergestalt, daſs die Abänderung in diesen Umständen eine Modification dieses be weglichsten aller el. Phänomene bedingt.

Nicholson[2] hat in einem kleinen Aufsatze eine Menge solcher sich mannigfaltig verändernder Lichterscheinungen beschrieben, deren Veränderung theils durch die Schnellig keit, mit welcher die Maschine gedreht wurde, und die von abhängende Intensität der die Lichterscheinung genden Kugel, theils durch die Gröſse dieser Kugel, die verschiedene Entfernung, in welcher eine Spitze de selben entgegengehalten ward, bestimmt wurden. Das beson ders merkwürdige hierbei war, eine el. *Licht-Atmosphäre* oder ein heller Kreis leckenden Lichtes rund umher an der Oberfläche der 2,5 Zoll im Durchmesser haltenden Kugel ausfahrenden Büscheln, wenn eine Spitze in groſser Entfernung

---

1 S. Bd. III. 457.

2 G. XXXII. 106.

alten wurde, bei deren Annäherung die Büschel verschwan-
, und ein ausnehmend glänzender Fleck an der Oberfläche
Kugel zum Vorschein kam, der manchmal an einer Stelle
eb, andere Male sich umher bewegte, bis endlich bei noch
ſserer Annäherung aus diesem Fleck *ramificirte Funken* aus-
ahlten und ein leckender, leuchtender, Kreis erschien, wo-
i der glänzende Fleck nie im Mittelpuncte dieses Kreises
r, sondern in einiger Entfernung rund um den Kreis sich
wegte, unregelmäſsig, manchmal nach einer, andere Male
h entgegengesetzter Richtung, manchmal auch ganz still stand.
Ich habe diese Beobachtungen absichtlich an die Spitze die-
Artikels gestellt, um das Wandelbare, und in bestimmten
stellungen schwer zu fixirende in diesen el. Lichterscheinun-
recht klar zu machen. So lassen sich dann auch die Fun-
kaum durch eine scharfe Grenzlinie von den ihnen in ei-
n ihrer Modificationen so nahe stehenden el. Ausstrahlun-
, Büscheln und Pinseln trennen, wenn gleich da, wo sie
hrer reinsten Form auftreten, kein Zweifel über die Eigen-
nlichkeit dieser el. Lichterscheinungen obwalten kann. In
ser reinsten Form erscheinen sie als ein gerader, glänzender,
ſser, plötzlich vorübergehender, Lichtcylinder mit einem
nthümlichen Knalle bei der Ausgleichung der an einem
kommenen Leiter angehäuften + oder — E von der abge-
deten Oberfläche desselben aus gegen einen demselben ge-
erten, in seinem natürlichen el. Zustande sich befindenden,
chfalls eine abgerundete Oberfläche darbietenden, vollkom-
n mit dem Erdboden verbundenen Leiter, also unter den für
Wiederherstellung des el. Gleichgewichts günstigsten Be-
gungen, und zwar in einer Weite, die nach der Beschaffen-
t und Intensität der an dem Leiter angehäuften E., der Aus-
nung desselben und dem Durchmesser der kugelförmigen
erfläche seines Endes eine verschiedene ist. Das Nähere
er den Einfluſs dieser Umstände auf die Länge des Funkens
er die sogenannte *Schlagweite* ist schon unter dem Artikel
Elektrisir-Maschine" angeführt worden. Man hat viel dar-
er gestritten, von wo aus bei der Ausgleichung der E. einer-
ts zwischen einem positiv elektrisirten und einem im natür-
en Zustande sich befindenden, andererseits zwischen einem
ativ elektrisirten und einem andern im natürlichen Zustande
h befindenden, endlich zwischen einem positiv und einem

terien dagegen in allen drei Fällen von beiden Kör
gleichmäfsig ein Funke ausgehen, auch dieser Funke
ganzen Beschaffenheit für jede der beiden E. ein eig
cher seyn, wobei jedoch das verschiedene Isolirungsv
des jedesmaligen Mediums für die verschiedenen E. so
verschiedene relative Intensität und Quantität derselb
Unterschied in Ansehung der Weite, bis zu welcher i
Zusammenstrahlen die eine E. der andern entgegen
veranlassen könnten.

Die Erscheinungen selbst sind in dieser Hinsicht n
entscheidend, wenn sie gleich im Ganzen der dualistis
sicht günstiger sind. Wenn nämlich in dem Funken e
liches el. Fluidum von dem einen Körper zum andern
so müfste bei dem gleichmäfsigen Widerstande, den
von allen Seiten entgegensetzt, dieses Fluidum als
ner sphärischer Körper übergehen und wie ein leuchte
gelchen erscheinen. Die Geschwindigkeit des Ueberg
aber so grofs, dafs der ganze Weg auf einmal zu
scheint, und eben darum die Erscheinung einen Licl
darstellt. Eben diese Geschwindigkeit macht es aber a
nigstens bei den kurzen und geraden Funken, die bei
licher Annäherung der Leiter an einander überschlag
unmöglich, den Entstehungspunct des Funkens und se
tung und in ihm selbst einen Gegensatz zweier E.
scheiden. Anders verhält sich die Erscheinung,

n Seiten ausstrahlen. Das Zickzackförmige der Funken hat n aus den feuchten oder leitenden Theilen herleiten wollen, in der Luft nahe an ihrem Wege liegen, und auf die sie gehen, um den Weg zu wählen, wo sie den wenigsten Wi-rstand antreffen. Aber bei der Constanz und Gleichförmig-it dieser gebrochenen Zickzackform läfst sich eine so wandel-re und zufällige Ursache nicht annehmen, vielmehr scheint mit grofser Schnelligkeit sich bewegende el. Fluidum die entgegenstehende Luft zu verdichten, die ihm also in gera-Richtung mehr Widerstand leistet, als seitwärts, weswegen dann seinen Lauf ändert, die Luft auf diese Art in einer en Richtung verdichtet, und von ihrem Widerstande aber-s gewendet wird, welche wechselnde Bewegungen noth-dig jene zickzackförmigen Erscheinungen bewirken müssen, auf dieselbe Art wie die Zickzackform des Blitzes erklärt d. Auf dem kürzeren Wege erreicht das el. Fluidum dage-sein Ziel, ehe eine hinlängliche Verdichtung zur Ablenkung selben bewirkt worden ist.

In den längern el. Funken unterscheidet man eine Ungleich-t des Lichtes, die einigermafsen von dem Gegensatze der E. uhängen scheint. Doch stimmen die Angaben der Beobachter dieser Hinsicht nicht vollkommen mit einander überein. LDEBRAND, der überhaupt viele Versuche über das el. Licht gestellt hat[1], glaubt[2], dafs ein gröfserer Funke im gröfsten eile seines Weges von +E hinfahre, aber nahe an —E ein kleinerer Funke entgegenkomme. Wo sie zusammen-fen, sey das Licht am stärksten und violett, das übrige ifs. Bis auf einen gewissen Grad stimmt auch KNOCH[3] da-überein, welchem zufolge in jedem Funken sich stets eine lle findet, welche violett, ins Kupferfarbige übergehend, und sich von der übrigen Feuerfarbe des Funkens unter-eidet, in welchem Violett sich die beiden aus dem Conductor d dem Auslader gleichmäfsig hervorbrechenden Funken ver-igen sollen, und zwar soll das Violett bald in der Mitte, d dem Leiter und bald dem Auslader sich näher finden, nlich bei überwiegender negativer E. (was jedoch nie mög-

---

1 Schweigg. Journ. I. 237. XI. 437.
2 Dynamische Physik II. 761.
3 G. XXIV. 104.

kommen. Knall, Länge und Farbe des Funkens stehen offenbar im Verhältnisse mit einander. Wo also die beiden E. mit der gröfsten Freiheit sich ausgleichen können, keine das Uebergewicht hat, da ist das Licht weifs, der Funke lebhaft, bei relativem Uebergewichte der positiven E., wie es wenigstens in den angegebenen Versuchen statt findet, verändert sich dagegen das Licht in Roth. Eben so erscheinen Funken, die man durch Kugeln von Holz oder Elfenbein aus positiv el. Leitern auszieht, von carmosinrother Farbe, wo gleichfalls wegen des unvollkommenen Leitungsvermögens der letzteren das + nicht schnell genug sein — zur vollkommenen Ausgleichung vorfindet, und überhaupt haben die durch unvollkommene Leiter ausgezogenen Funken ein purpurfarbenes Ansehen[1].

Am auffallendsten wird aber die Farbe des el. Funkens durch die *Beschaffenheit des Mediums* modificirt. Ich habe in dieser Hinsicht schon unter dem Artikel *„Elektricität"* die interessanten Versuche Davy's über die verschiedenen Farben des el. Funkens beim Durchschlagen durch die Torricelli'sche Leere unter verschiedenen Umständen angeführt. Ganz besonders gehören aber hierher die Versuche von Grotthuss in verschiedenen Gasarten und Dämpfen[2]. In den Dämpfen des Weingeistes nahm das el. Licht eine herrlich grüne Farbe an und bildete einen seladongrünen Farbenstrom, das schönste Schauspiel im Dunkeln; zugleich verwandelten sich diese Dämpfe in ein permanentes Gas (wahrscheinlich erstes Kohlenwasserstoffgas); auch in Aetherdämpfen sind sie grün, doch soll diese Farbe weifs erscheinen, wenn man das Auge dicht an die Glasröhre hält, und aus einer beträchtlichen Entfernung betrachtet, röthlich[3]; im Wasserstoffgase haben sie eine schöne purpurrothe Farbe, eben so in verdünnter atmosphärischer Luft. Dafs indefs die purpurrothe Farbe nicht blofs von der geringern Dichtigkeit des Wasserstoffgases abhängt, beweiset der Umstand, dafs auch in dem verhältnifsmäfsig viel dichteren Ammoniakgas und in dem Phosphor-Wasserstoffgase die Funken gleichfalls noch roth erscheinen. In den Dämpfen des kochenden Wassers zeigt sich der Funke gelb oder pomeranzenfarben,

1 Vergl. Singer S. 60.
2 Schweigg. J. II. 142 ff.
3 Singer a. a. O. S. 60.

trockenen kohlensauren Gase und Sauerstoffgase von dem stärk-
en Glanze und blau violetter Farbe. In durch eine Quecksil-
säule von zwei Schuhen verdichteter atmosphärisscher Luft
ar der Funke lebhafter, als in gewöhnlicher atmosphärischer
uft und ohne Farbe.

Grotthuss zieht aus seinen Versuchen den Schluſs, daſs
Intensität (der Glanz) des el. Lichtes stets im directen Ver-
tnisse mit der Dichtigkeit und im umgekehrten mit der el.
tungskraft des Gases oder Dampfes stehe, und damit stim-
n auch vollkommen H. Davy's unter dem Artikel „*Elektri-
t*" angeführte Versuche überein, welchen zufolge der Glanz
el. Lichtes in der Torricelli'schen Röhre mit der Temperatur
nahm, womit die Dichtigkeit der Dämpfe der sperrenden
issigkeit verhältniſsmäſsig vermehrt wurde, und auch gröſser
denjenigen Dämpfen war, welche als schlechtere Leiter der
angesehen werden können, als in denjenigen, die bessere
iter sind, stärker nämlich in den Dämpfen des Olivenöls und
lorspieſsglanzes, als in denjenigen des Quecksilbers. Was
er insbesondere den Gegensatz der Farben des el. Funkens in
esen verschiedenen elastischen Flüssigkeiten betrifft, so meint
chweigger[1] daſs die verschiedene Brechungskraft hierbei den
aupteinfluſs äuſsere, daſs nämlich bei groſser Brechungskraft
Wasserstoffgas, Ammoniakgas) sich die Farbe ins Roth, bei
ringer Brechungskraft (Sauerstoffgas, Kohlensaures-Gas) ins
aue ziehe. Ob hierbei die eigenthümliche und verschiedene
bundene E. der Gasarten selbst mitwirke, mag hier vorläufig
eine Frage hingestellt werden, auf welche ich weiter unten
ückkommen werde.

Besondere Modificationen in der Farbe des el. Funkens
ngen auch noch von der Oberfläche der Körper ab, an wel-
er derselbe hinstreicht. So erscheint er an der Oberfläche
n versilbertem Leder glänzend grün, ein langer über Kohlen-
lver hinstrahlender Funke ist gelb, und als van Marum den
rahl durch die Torricelli'sche Röhre über Phosphor streichen
ſs, sah er dessen Licht auffallend verändert, gröſstentheils
n grünlich gelber Farbe in der Mitte, und wo der Strahl am

1 Dessen Journ. II. 150.

lichtesten war, so wie an der Oberfläche des Phosphors, von einem lebhaften Roth[1].

Zur Entstehung des el. Funkens ist nicht in allen Fällen ein Zwischenraum von Gas oder Dampf erforderlich, sondern er erscheint auch in seinem ganzen Lichtglanze, wenn man eine Leidner Flasche durch eine Schicht Wasser, Oel, Aether u. s. w. entladet, zu welchem Behuf man am besten eine Röhre nimmt, die etwa 6″ lang ist und einen halben Zoll im Durchmesser hat, deren beide Enden man mit Körken wohl verschliefst, und durch die man Drähte steckt, die sehr nahe an einander gebracht werden. Verbindet man den einen mit dem äufsern Belege, und den andern durch den Auslader mit dem Knopfe der Flasche, so sieht man bei der Entladung der Flasche einen sehr starken Funken zwischen den Enden der beiden Drähte, doch darf man zu diesem Versuche nur eine kleine Flasche nehmen, weil man sonst Gefahr läuft, dafs die Röhre mit grofser Gewalt durch die Explosion zersprengt werde. Hat dagegen die Säule Flüssigkeit eine Ausdehnung von mehreren Zollen zwischen den beiden Drähten, so geschieht die Entladung ohne einen solchen Funken, und jene Gefahr findet nicht statt, auch wenn man eine sehr grofse Flasche oder Batterie dadurch entladet.

Ueber die Verlängerung des Funkens durch mehrfache Unterbrechung und durch Fortleitung an einen unvollkommenen Leiter ist bereits im Artikel: *Elektrisir-Maschine* und *Flasche, elektrische* gehandelt worden. Meineke[2] hat auf diese Vervielfältigung des el. Lichts den Vorschlag gegründet, die E. zur Beleuchtung anzuwenden, indem man Kugeln und Röhren, die im Innern mit Stanniolblättchen belegt sind, vorrichten und überdies verdünnte Luft und Wasserstoffgas zu Hülfe nehmen soll. Allein gerade in diesen beiden Medien fehlt es dem Funken an dem gehörigen Glanze, und der ganze Vorschlag gehört in eine Classe mit denjenigen, durch Reiben der Körper die Wärme für den häuslichen Gebrauch hervorzubringen.

Wie klein ein Funke seyn könne, um selbst bei hellem Tageslichte noch sichtbar zu seyn, darüber hat Haldane[3] eine auf Versuche sich gründende Berechnung angestellt, aus wel-

1 G. I. 248.
2 Ebend. LXII. 87.
3 Ebend. VII. 197.

[illegible]

[illegible] nach vollkommen [illegible] sind. [illegible] Intensität der E. [illegible] Quantität [illegible] in welcher Hinsicht [illegible] In Beziehung [illegible] der Funken geladener Flaschen [illegible] dass dieselbe nicht von der Zahl der Flaschen [illegible], sondern von der Spannung, bis zu welcher sie [illegible] abhängt. Bei der Ladung einer Flasche und [illegible] gleicher Grösse mit dieser bis zu einem Grade, dass [illegible] gleiche Schläge geben, wo also letztere zu einer ver-[illegible] geringeren Spannung geladen sind, [illegible] die Entfernung, in welcher der Funke von [illegible] Flaschen überschlägt, zu welcher Bestimmung das [illegible] Elektrometer am tauglichsten ist, umgekehrt [illegible] einem grösseren Verhältnisse als die Quadratwurzel Zahl der Flaschen.

[illegible] Länge der Funken zu messen haben Joh. [illegible] Roy[3] und Langenbucher[4] eigene Werkzeuge [illegible] Namen *Funkenmesser* angegeben. Sie bestehen aus [illegible], die man mit ihren Stielen so verschieben kann, dass [illegible] einer Eintheilung, die auf diesen Stielen selbst ange-[illegible]st, ihre jedesmalige Entfernung von dem elektrisirten [illegible] zwischen welchem und der Kugel die Funken über-[illegible], genau ablesen kann. Auch dient, um sehr kleine [illegible]iede zu bestimmen, eine lange schraubenförmig einge-[illegible]ne Stange mit bekannter Weite der Schraubengänge. [illegible]n genannte Joh. Friedr. Gross, der dem Verfasser [illegible]rtikels als einer der eifrigsten Elektriker genau persön-[illegible]annt und sein erster Lehrer in diesem wichtigen Fache [illegible]sik gewesen ist, hat in der oben angeführten Schrift [illegible]in besonderes Phänomen des el. Funkens angezeigt, das

'h. Tr. LXVI. 202.

:lektrische Pausen. Leipzig 1776.

Mém. de l'Acad. de Paris 1761. p. 541.

Beschreibung einer verbesserten Elektrisir-Maschine. Anspach . S. 46.

er mit dem Namen der *el. Pausen* belegte, und wovon noch unter dem Artikel: *Spitzen* besonders gehandelt werden soll.

II. Die Theorie.

Ueber den eigentlichen innern Vorgang bei der Entstehung des el. Funkens, und insbesondere die Quelle des Lichts und die Art des Zusammenhanges der verschiedenen Intensität dieses Lichtes, und der verschiedenen Farbe mit den Umständen, die hierbei ihren Einfluſs äuſsern, schwebt noch Dunkelheit, und die Ansichten der Physiker hierüber sind von der Einstimmigkeit noch weit entfernt. So viel ist indeſs als Thatsache entschieden, daſs im eigentlichen el. Funken stets die Thätigkeit beiderlei Elektricitäten concurrirt, wodurch derselbe sich von den bloſsen Feuerbüscheln unddem leckenden el. Lichte unterscheidet, bei denen man allerdings bis auf einen gewissen Grad bloſs eine einseitige Thätigkeit einer einzelnen E. annehmen kann. Jeder Funke beruht nämlich, wie oben bemerkt ist, stets auf einer Ausgleichung des el. Zustandes zweier Körper von verschiedener el. Beschaffenheit. Sind die beiden Körper bereits zum voraus in einem entgegengesetzt el. Zustande, so ist die Sache von selbst klar; ist der eine Körper positiv oder negativ, und der andere im natürlichen el. Zustande oder 0, so geht der Entstehung des Funkens immer eine Vertheilung des 0 voran, und es tritt an dem 0 Körper erst die entgegengesetzte E. auf, die bei Annäherung der Körper gegen einander stufenweise zunimmt, bis sie in der Schlagweite ein relatives Maximum erlangt hat, folglich gleichfalls wieder + und — zusammenwirken. Aber selbst wenn gleichartig positive oder negative Körper ihren verschiedenen el. Zustand durch einen Funken ausgleichen, geschieht dieses nur unter der Bedingung, daſs der eine Körper in einem höheren Grade positiv oder negativ elektrisirt ist als der andere, dessen überwiegende E. dann abermals in dem mit ihm in Wechselwirkung tretenden Körper ihren Gegensatz hervorruft, und sich zunächst mit diesem ausgleicht, ohne jedoch in diesem Falle das 0 wieder herstellen zu können. Eben so ausgemacht ist es, daſs die Intensität des el. Lichtes oder der Glanz des Funkens um so gröſser ist, je rascher die Ausgleichung der Gegensätze erfolgt, und je gröſser die Quantitäten der E. sind, die sich in gleicher Zeit in einem gegebenen Raume mit einander ausgleichen. Dieser Ausglei-

ung, wenn sie mit der Erscheinung des Funkens begleitet yn soll, mufs jedesmal eine Anhäufung und damit gegebene rdichtung der E. an den Körpern, zwischen welchen die nken überschlagen, vorangehen, welche durch die Umgeg derselben mit Nichtleitern vermittelst ist. Hier tritt nun Schwierigkeit entgegen, warum das el. Fluidum, so lange blofs an der Oberfläche angehäuft und verdichtet ist, in der gel keine merkbaren Lichterscheinungen zeigt, ungeachtet doch seine freie Wirksamkeit durch anderweitige Erscheinun-n, namentlich die Anziehung und Abstofsung verkündigt. se Schwierigkeit haben die Physiker auf verschiedene Weise lösen gesucht und dadurch sind eben die verschiedenen eorien des el. Funkens entstanden. Ich habe die sinnreiche pothese Biot's, die schon früher Morgan[1] vorgetragen tte, bereits unter dem Artikel „*Elektricität*" angeführt „dafs Lichterscheinung dem von einem Körper zum andern überhenden el. Fluidum selbst nicht angehöre, nicht unmittelbar s dieser Quelle entspringe, sondern vielmehr durch die hnelle Zusammendrückung des Mediums durch die mit aufserdentlicher Geschwindigkeit übergehende E. aus diesem eben hervorgelockt werde, wie man auch durch schnelle Zusamendrückung der elastischen Flüssigkeiten durch gewöhnliche echanische Mittel Lichterscheinungen hervorrufen könne. ıfser den an jenem Orte schon gegen diese Erklärung aufstellten Einwürfen scheint auch die Erfahrung des sichtlichen rchschlagens elektrischer Funken durch Schichten von Oel l Wasser nicht damit vereinbar, dabei müfste man, um das twährende Durchschlagen von el. Funken durch einen klei-ı mit Quecksilber gesperrten Luftraum ohne alle Abnahme Lichtglanzes bei fortwährender Umdrehung der Elektrisirschine zu erklären, annehmen, dafs die Luft von aufsen her ner wieder das verlorne Licht anziehe, worauf aber keines begleitenden Phänomene hindeutet. Ob jene leuchtenden geln, die man in gewissen Fällen mit geringer Geschwinkeit sich hat fortbewegen sehen, el. Natur waren, ist westens nicht ganz ausgemacht, und daher kann von hieraus n eigentlicher Einwurf genommen werden.

Eben so wenig annehmlich als Biot's Erklärung ist die

---

1 Ph. Tr. LXXV. 198.

von Nicholson[1], dafs der el. Funke, wenn er nicht ausschliefsend aus Theilchen des ponderablen Körpers, aus welchem er hervorgeht, bestehe, doch von solchen Theilchen begleitet werde. Aus den Beweisen, welche Nicholson für diese Meinung anführt, mufs man vermuthen, dafs er den Funken für eine wahre Verbrennung dieser Theilchen halte, indem er unter andern anführt, dafs man nie Funken zwischen unverbrennlichen Körpern wahrnehme, auch aus der aufserordentlichen Kleinheit der Strahltheilchen, welche den gewöhnlichen Funken beim Feuerschlagen zum Grunde liegen, auf die Möglichkeit schliefst, dafs die Theilchen, die den Funken bilden, der Beobachtung ganz entgehen könnten. Daß aber kein Verbrennen im gewöhnlichen Sinne des Worts hierbei vorgehe, beweiset schon der Umstand, dafs sehr lebhafte Funken auch in blofsen Dämpfen von Quecksilber und Glasspiefsglanz erzeugt werden können. Auch möchte die Behauptung Nicholson's, dafs eine Metallkette, so oft ein el. Schlag hindurchgeht, immer etwas an Gewicht verliere, auf keinen Fall für alle Ketten, z. B. nicht für Ketten von Gold und Platin, gelten, und dann ist dieser Gewichtsverlust nicht Ursache, sondern Wirkung des Funkens, der doch schon da war, als er durch die Kette hindurchschlug.

Eben so wenig läfst sich das el. Licht mit Pohl[2] aus einer Wechselwirkung der atmosphärischen Luft mit dem elektrisirten Körper, namentlich dem elektrisirten Hauptleiter und dem Conductor des Reibzeugs erklären, vermöge welcher, nach den sehr künstlich von diesem Physiker hierzu ersonnenen Schema einer zweigliedrigen Kette, ein offenbarer oder versteckter Oxydationsprocefs eintrete, von welchem, wie bei jedem andern gewöhnlichen Verbrennen, die Lichtentwickelung abhänge, und keineswegs von einer eigenen el. Materie, welche Pohl consequent mit seiner dynamischen Ansicht aller el. Erscheinungen für eine blofse Chimäre erklärt. Schon allein die fortwährende Erregung des lebhaftesten el. Lichtes in der *Hawksbee'schen* luftleer gemachten, blofs etwas Quecksilberdampf enthaltenden *Glasröhre* schliefst alle von Pohl angenommenen Bedingungen zu jenem Processe aus, da einerseits

1 G. XXXIV. 111.
2 Der Procefs in der galv. Kette. S. 320.

an der innern Oberfläche des Glases so wenig als an der Oberfläche des Quecksilbers jene Ecken und Hervorragungen im Gegensatze gegen rauhe Stellen existiren, die POHL zur Construction einer zweigliedrigen Kette postuliren mufs, andererseits ein Medium, welches durch eine in Beziehung auf sich selbst desoxydirende, in Beziehung auf den Leiter oxydirende Thätigkeit wirkt, gänzlich fehlt. Nach dem, was ich bereits unter dem Artikel „*Elektricität*" vorgetragen habe, sehe ich vielmehr den el. Funken als eine *reine Erscheinung des el. Fluidums selbst* an, und zwar in Folge einer theilweisen Zersetzung desselben, wobei alle Eigenthümlichkeiten des Phänomens nur unter der Voraussetzung zweier el. Materien zu einer harmonischen Darstellung gelangen. Wenn auch VAN MARUM's Beobachtung in Beziehung auf den el. Funken unter allen Umständen sich bestätigte, dafs nämlich in dem Falle, wenn zwischen einem — elektrisirten und einem mit dem Erdboden in Verbindung stehenden, also im natürlichen Zustande sich befindenden, Leiter ein Funke überspringt, die aus demselben ausfahrenden Strahlen und Feuerbüschel ihre Richtung stets von dem 0 Leiter nach dem negativen Leiter hin haben, nach der Fig. 77.
Art wie die Figur sie darstellt, so würde diese Erscheinung doch keinen Einwurf gegen die sonst so gut begründete dualistische Ansicht abgeben, da sie durch die Erklärung, welche TREMERY[1] von den Erscheinungen beim Durchschagen einer Charte gegeben hat, immer noch in gute Uebereinstimmung damit gebracht werden könnte. Aber es ist bereits unter dem Artikel „*Elektricität*" bemerkt worden, dafs unter gewissen Umständen beim Funkenziehen aus dem Conductor des Reibzeugs durch eine entgegengehaltene Kugel die Aeste des Funkens vielmehr gegen diese letztere und der Stamm gegen die negative Kugel gerichtet sind[2].

Die theoretische theilweise Zersetzung der el. Materie in den Funken und die davon abhängige Ausstrahlung des Lichts hängt hier eben so von der durch die Anhäufung des el. Fluidums an einer Oberfläche bewirkten Verdichtung desselben, dem man in einem gewissen Sinne eine dampfförmige Natur zuschreiben kann, ab, wie die Zersetzung des Wasserdampfes unter ähnli-

---

1 S. Art. *Flasche, elektrische.*

2 Bischoff in Kastner's Archiv II. 207.

chen Umständen. Es gilt überhaupt das allgemeine Gesetz, daſs in allen Fällen, wo eine starke Verdichtung der E. eintritt, Ausstrahlung von Licht erfolgt, auch wenn es nicht zur Bewegung derselben im Ganzen kommt. So zeigte sich in Nicholson's Versuchen mit der starken Verdichtung der E. eine kleine Kugel mit einem Kreise von Licht umgeben; und auf diese Weise scheinen alle el. Ausstrahlungen und Feuerbüschel der durch Reiben auf einen hohen Grad elektrisirter Körper von einer Zersetzung der an ihnen angehäuften und verdichteten E. abzuhängen. Je stärker diese Verdichtung ist, sey es nun durch vermehrten Widerstand des Mediums, oder durch gröſsere Anhäufung, um so stärker ist diese Zersetzung, um so mehr wird Licht ausgestrahlt, um so gröſser ist der Glanz des Funkens. Damit stimmen alle in diesem Artikel mitgetheilten Beobachtungen überein. Im luftleeren und von allen Dünsten durch Erkältung soviel möglich befreiten Raume findet keine Lichterscheinung statt, weil die E. in ihrem Durchgange gar keinen Widerstand findet und folglich auch die zur Zersetzung des el. Dampfes nothwendige Verdichtung nicht eintreten kann. Eben weil das Licht von der el. Materie selbst unabhängig von dem Medium ausgeht, begreift man, warum beim Durchgange durch eine dünnere Schicht von Wasser oder Oel der el. Funke mit groſsem Glanze erscheinen kann, weil wegen des relativ groſsen Widerstandes dieser sehr dichten Medien die Verdichtung und die davon abhängige Zersetzung der el. Materie viel gröſser ist. Der Farbengegensatz, welcher im Allgemeinen in den beiderlei Arten von el. Funken sich zeigt, scheint auf dem Uebergewichte der einen Hälfte des Farbenspectrums in der einen, und der andern Hälfte in der entgegengesetzten E. zu beruhen. In die Mischung der — E scheint mehr die blaue, in die Mischung der + E mehr die rothe Hälfte einzugehen. Daher ist bei einer gehörigen Länge des Funkens dieser nach dem + Conductor hin mehr purpurfarbig, an der Auffangkugel, von welcher die — E der positiven entgegen kommt, mehr blau, in der Mitte dagegen, wo beide E. sich gleichsam mehr durchdringen und gleichzeitig vorhanden sind, integrirt sich das weiſse Licht aus den beiden Gegensätzen, eben so wenn die Funken kürzer und die beiden E. dem Raume nach weniger von einander geschieden sind; doch scheint das glänzendste und weiſseste Licht dem positiven Leiter immer näher

zu liegen. Die überwiegend rothe Farbe des positiven Funkens im Wasserstoffgase rührt ohne Zweifel daher, dafs hier die negative E. von der dem Wasserstoffgase eigenthümlichen positiven mehr angezogen wird, und das Funkenphänomen also ausschliefsend mehr von der positiven E. abhängt; der umgekehrte Fall mufs im Sauerstoffgase und kohlensauren Gase eintreten, wo vielmehr die + E. von der negativen dieser Gasarten angezogen wird, und die Zersetzung mehr ausschliefsend die negative E. betrifft. Eben so erklärt sich die rothe Farbe des Funkens beim Ausziehen desselben aus einem positiv el. Conductor durch einen unvollkommenen Leiter, oder bei der unvollkommenen Entladung einer positiv geladenen Flasche, wo nothwendig ein Uebergewicht der positiven E. statt finden mufs, folglich die Zersetzung mehr oder ausschliefsend diese betrifft, womit dann Ausstrahlung des rothen Lichtes gegeben ist.

III. Historische Notizen

Die ersten Beobachter des el. Lichts, Boyle, Otto von Guericke, Dr. Wall und Hawksbee sahen dasselbe blofs an Nichtleitern. Jene beiden ersteren erkannten nur einen Schimmer und das Knistern davon. Dr. Wall[1] fühlte doch schon, dafs das Licht des geriebenen Bernsteins den Finger auf eine empfindliche Art mit einem plötzlichen Stofse oder mit einem Blasen wie ein Wind treffe. Er verglich auch bereits das Knistern und die Lichtausstrahlung der geriebenen elektrisirten Körper mit dem Donner und Blitze, und stellte den Satz allgemein auf, dafs alle durch Reiben elektrisirte Körper Licht ausstrahlen. Hawksbee der in den ersten Jahren des achtzehnten Jahrhunderts diese Lehre mit vielen neuen Thatsachen[2] bereicherte, nennt den Schall des el. Funkens ein Schnappen (snapping) und die Wirkung auf den Finger eine Art von Druck. Funken aus einem Leiter sah Gray zuerst, da er seine geriebene Glasröhre gegen die Oberfläche des Wassers in einem Gefäfse brachte[3]. Er erzählt, es sey ein feiner Strahl aus dem Wasser hervorgekommen. Die eigentliche Entdeckung des Funkens gehört aber du Fay, welcher ihn im Jahre 1732 zuerst aus seinem ei-

---

1 Ph. Tr. 1708. XXVI. 87.

2 Ebend. XXIV. – XXVII.

3 Ebend. 1731. XXVII. 227.

genen Körper durch Hülfe anderer zog[1]. Er sowohl als diejenigen, die ihn berührten, empfanden einen Schmerz wie von einem Nadelstiche, oder vom Brennen eines Funkens, der durch die Kleider eben so wie auf die bloſse Hand wirkte und im Dunkeln sah man den Funken sehr deutlich. NOLLET, der damals DU FAY's Schüler war, bemerkt[2], er werde die Bestürzung nie vergessen, in welche der erste Funke aus dem menschlichen Körper DU FAY und ihn versetzt habe. Er fand hernach, daſs man aus Metallen noch stärkere Funken erhielte, wodurch GRAY veranlaſst wurde, metallene Conductoren oder erste Leiter anzubringen, die ihm so starke Funken aus Wasser gaben, daſs auch er, wie schon früher DR. WALL, die Aehnlichkeit mit dem Blitze ahndete.

Die deutschen Naturforscher, insbesondere GORDON in Erfurt, verstärkten den Funken noch mehr und bemühten sich brennbare Stoffe dadurch zu entzünden. DR. LUDOLF in Berlin und WINKLER in Leipzig waren die ersten, denen es im Jahre 1744 gelang, Weingeist anzubrennen. GRALATH in Danzig entzündete den Rauch einer eben verlöschenden Kerze, und BOSE in Wittenberg den von geschmolzenem Schieſspulver. DR. WILSON in London[3] wiederholte diese Versuche und fand daſs die Entzündung auch von statten gehe, wenn eine elektrisirte Person den Weingeist hielt, und eine unelektrisirte den Finger daran brachte.

Bald hierauf gab die Entdeckung der Leidner Flasche den Naturforschern ein Mittel, weit stärkere Wirkungen hervorzubringen, als der Funke der einfachen E. zu thun vermögend ist. Man ist daher auf die Verstärkung desselben nicht mehr so bedacht gewesen. NOLLET hat verschiedene Spielwerke, z. B. im Dunkeln leuchtende Buchstaben und andere Figuren darzustellen, sehr umständlich beschrieben[4]. Die neueren gröſseren und besser eingerichteten Maschinen haben inzwischen einfache Funken verschafft, deren Wirkungen denjenigen der verstärkten E. nicht viel nachgeben. Insbesondere sind die groſsen Funken der Harlemer Maschine sehr merkwürdig. Die

1 Mém. de Paris 1733.
2 Leçons de Physique. VI. 408.
3 Ph. Tr. 1745. XLIII. 481.
4 Lettres sur l'électricité Tome II. à Paris 1760. 12. p. 274.

von den neuesten Physikern herrührenden Erfahrungen den el. Funken betreffend, finden sich an ihrem Orte in diesem Artikel erzählt[1]. *P.*

Funke, galvanischer.

Wenn gleich der galvanische Funke im wesentlichen einerlei mit dem elektrischen ist, so zeigt er doch einiges Eigenthümliche abhängig von der Beschaffenheit der galvanischen Apparate, durch deren Hülfe er erhalten wird. Am passendsten wird indeſs von demselben in dem diesen Apparaten gewidmeten Art.: *Säule, Volta'sche,* gehandelt werden. *P.*

Funkeln der Sterne.

Scintillatio stellarum; scintillation des étoiles; *twinkling of the stars, glittering of the stars.*

Die Sterne zeigen uns zuweilen bei ganz heiterem Himmel ein völlig ruhiges Licht, zu andern Zeiten aber sind sie lebhaft zitternd, sie scheinen sich in geringem Maſse hin und her zu bewegen, in einem Augenblicke heller aufzuglänzen, als im andern. Das letztere ist das Funkeln oder Blinkern der Sterne. Dieses Funkeln entsteht durch eine Ungleichartigkeit der Luft- und Dunst-Schichten, durch welche der Lichtstrahl zu unserm Auge gelangt, und durch die Aenderung der Lage der ungleichartigen Theilchen. Wenn wir über ein nicht rauchendes Kohlenfeuer oder auch nur über eine erhitzte Fläche hin sehen, so scheinen uns die jenseits liegenden Gegenstände in einer zitternden Bewegung zu seyn, die von dem Aufsteigen der erhitzten Luft durch die kälteren Luftschichten hervorgebracht wird. Es gelangen nämlich die Lichtstrahlen, indem sie bald auf wärmere, bald auf kältere Theilchen, oder im Allgemeinen auf Theilchen von ungleicher Dichtigkeit treffen, nicht immer in derselben Richtung zum Auge, sondern erleiden bald

---

1 Priestley's Geschichte der Elektricität übersetzt durch Krünitz. An mehreren Stellen. Cavallo's vollständige Abhandlung u. s. w. 1ster Band. 3ter Theil. 6stes Cap. Vom el. Lichte. S. 191. Singer's Elemente der Elektricität übersetzt von Müller. 4tes Cap. S. 49. Elektrische Lichterscheinungen. Rukland's System der allgemeinen Chemie 1818. S. 91—95.

nach der einen, bald nach der andern Seite eine kleine Brechung, und dieser Wechsel bringt das Zittern der Gegenstände hervor. Aus diesem Grunde sieht man an heifsen Tagen die Oberflächen der nicht allzu entfernten Gegenstände, in denen man kleinere Theile noch deutlich unterscheidet, zitternd, zuweilen in Wellen ähnlicher Bewegung [1]. Dafs eben dieser Grund das Funkeln der Sterne hervorbringt, ist wohl offenbar, und es läfst sich nun auch einsehen, warum die Fixsterne stärker funkeln als die Planeten. Die Fixsterne erscheinen uns unter einem so geringen Durchmesser, dafs wir sie fast als einem Puncte gleich erscheinend angeben können, und wenn diese auch nur um etwas Geringes, z. B. 5 Secunden von ihrem Platze verrückt werden, so erscheint uns dieses als wirkliche Fortrückung; die Planeten dagegen, die 30 oder 40 Sec. scheinbaren Durchmesser haben, könnten uns allenfalls unter einem an der einen Seite vergröfserten Durchmesser erscheinen, wenn der von der einen Seite ausgehende Strahl mehr seitwärts gelenkt wird, und dieses werden wir nicht so leicht gewahr. Sieht man die Planeten durch ein Fernrohr an, so zittern ihre Ränder, besonders wenn sie nahe am Horizonte stehen. Selbst der Rand der Sonne erscheint, wenn man ihn so beobachtet, oft in zitternder Bewegung [2]. Das Erscheinen verschiedener Farben, welches besonders am *Sirius* zuweilen merklich ist, mufs doch auch wohl ohne Zweifel aus eben den Ursachen erklärt werden, obgleich ich gestehe, nicht entscheiden zu können, ob man es der ungleichen Brechbarkeit der Farbenstrahlen allein zuschreiben darf.

Mit diesem Funkeln der Sterne verwandt sind einige länger dauernde Verrückungen der Sterne von ihrem Standpuncte. Carlini bemerkt [3], dafs sich in dem stark vergröfsernden Reichenbach'schen Mittagsfernrohre beim Durchgange des Polarsterns zuweilen die sonderbare Erscheinung zeigte, dafs dieser

1 Brandes Beobachtungen über die Strahlenbrechung. Oldenburg 1807. S. 110.

2 Als diese richtige Erklärung angebend verdienen Vitellio (Risneri opticae thesaurus. p. 449) und Hook (Micrographia. p. 231. erwähnt zu werden. Musschenbroek (Introd. ad philos. nat. Vol. II. §. 1741.) und Mitchell (Priestley Geschichte der Optik. S. 372.) geben Erklärungen, die ungenügend scheinen.

3 De Zach Corresp. astron. II. 84.

am Faden vorbeigeht, 10 bis 20 Sec. fortrückt, dann zurückkehrt, den Faden noch einmal rückgängig und dann abermals rechtläufig passirt. Zuweilen trennte der Stern sich in zwei Hälften, oder es zeigte sich ein doppeltes Bild des Sterns. Diese Erscheinung muſs eben so erklärt werden. Gesetzt, es steige, statt der schnell wechselnden warmen Luftströme, aus welchen das Funkeln hervorgeht, ein gleichförmiger warmer Luftstrom auf, der eine Seitenrefraction von 20 Sec. hervorbringt, so wird der Stern anhaltend um 20 Sec. von seinem wahren Orte weggerückt seyn, und erst an seinen rechten Platz zurückkehren, wenn jener Lichtstrom nicht mehr da ist. Wäre dieser Lichtstrom so beschränkt, daſs neben ihm vorbei noch ein zweiter Lichtstrahl in gerader Linie ins Auge käme, so sähe man den Stern doppelt, genau so wie bei der **Luftspiegelung** (Mirage). Ich selbst habe eine ähnliche dauernde Verrückung wahrgenommen, wenn ich bei starker Hitze mikrometrische Messungen der Sonnenflecke vornahm; die im Heliometer entstehenden doppelten Bilder waren zuweilen mehrere Secunden lang in Berührung, und trennten sich dann wieder; — offenbar auch nur, weil der die eine Hälfte des Objectivs treffende Lichtstrahl durch eine anders brechende Luftmasse ging[1].

Dieses Funkeln der Sterne ist ungleich bei verschiedener Witterung. Ein ganz ruhiges, gleichförmiges Licht der Sterne bei heiterem Himmel scheint zuweilen Vorbedeutung von Regen und Sturm zu seyn[2]. Das sehr lebhafte Funkeln der Sterne bei heiterem Frostwetter kann vielleicht zum Theil durch die alsdann oft in der Luft zahlreich herabfallenden höchst feinen Eisblättchen veranlaſst werden[3]. In der heiſsen Zone scheinen die Sterne zuweilen nicht bloſs zu zittern, sondern hin und her zu fliegen, wie v. HUMBOLDT erzählt[4]. *B.*

Fuſs, S. Maſs.

---

1 Bode's Jahrb. 1824. S. 166.
2 Kastner's Archiv X. S. 256.
3 Vgl. Konigl. Vetensk. Selsk. nya Handlingar. XXIV.
4 G. VI. 190.



